

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie – 345

**Ergonomie a manipulace s materiálem  
na pracovišti broušení čel**

**Ergonomy and Material Handling in the  
Grinding Faces Workplace**

Student:

Bc. Navrátil Marek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Navrátil**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Ergonomie a manipulace s materiálem na pracovišti broušení čel**  
**Ergonomy and Material Handling in the Grinding Faces Workplace**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Ergonomie a ergonomické metody.
2. Analýza stávajícího stavu pracoviště.
3. Identifikace problémových míst a návrh řešení.
4. Implementace navržených zařízení.
5. Zhodnocení výsledků a přínosů pro praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011, 40 s.  
CHUNDELA, L. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05173-3.  
GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. Grada Publishing, 2002, ISBN 80-247-0226-6  
MUTHER, R., HAGANÄS, K. *Systematické navrhování manipulace s materiálem*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1973. 129 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Černý

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry

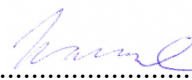


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 15. 5. 2017 .....


.....  


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUOv případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 15. 5. 2017

.....  


podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Marek Navrátil

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Novoveská 361/7

783 13 Štěpánov

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

NAVRÁTIL, M. *Ergonomie a manipulace s materiálem na pracovišti broušení čel: Diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, 69 s. Vedoucí práce: Schindlerová V.

V této diplomové práci se ve světové firmě na výrobu ložisek Koyo Bearings Česká Republika, s.r.o. zabývám ergonomií, pracovními polohami a manipulací s materiálem na pracovišti broušení čel kroužků ložisek, konkrétně na stroji s označením A0. Nejprve jsem se seznámil s daným strojem, poté jsem provedl pozorování stroje a pohybů operátora při celkové manipulaci s polotovary. Největší důraz jsem kladl na momenty vynaložení nejvyšší svalové zátěže při vykládání polotovaru do zásobníku (vstupu) stroje a odebírání polotovarů ze stroje (výstupu). Snímky jsem vyhodnotil pomocí čtyř ergonomických metod, které jsem porovnal mezi sebou a z výsledných grafů určil místa (pohyby) kritické pro operátora. Na základě tohoto výstupu byl proveden návrh odlehčovacích zařízení, jejich finanční náročnost a následná instalace ke stroji. Následně proběhlo nové pozorování pracoviště a vyhodnocení ergonomie. V závěru hodnotím kompletní ergonomickou situaci před a po instalaci odlehčovacích zařízení.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

NAVRÁTIL, M. *Ergonomy and Material Handling in the Grinding Faces Workplace: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2017, 69 p. Thesis head: Schindlerová V.

The thesis deals with ergonomics, work settings and operation of the material used at the workplace of grinding of bearing ring's fronts, particularly on the machine marked A0, in the world company for manufacture of bearings Koyo Bearings Czech Republic, s.r.o. Firstly, I acquainted myself with the given machine, then I observed the machine as well as motions of operator during the complete manipulation with semi-finished products. The greatest emphasis was put on moments of the highest muscular effort when semi-finished products were put into storage units (input) of the machine and subsequently taken away (output). Pictures of the process were evaluated according to four ergonomic methods, which I compared to each other and thanks to the resultant graphs I stated critical places (motions) for the operator. Based on this output, a project of relief devices as well as their financial demands and following installation was made. Subsequently, a new observation of a workplace was done and moreover, an evaluation of ergonomics. In the conclusion, I thoroughly studied the complete ergonomic situation before and after the installation of relief devices.

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů</b>	<b>9</b>
<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>1. Koyo Bearings Česká republika, s.r.o.</b>	<b>11</b>
1.1 Historie.....	11
1.2 Firma nyní.....	11
1.3 Technologie výroby .....	12
<b>2. Ergonomie</b>	<b>13</b>
2.1 Historie ergonomie .....	13
2.2 Co je to ergonomie? .....	13
2.3 Fázový vývoj ergonomie .....	14
2.4 Hodnocení ergonomie dle institucí .....	16
2.4.1 Podle mezinárodní ergonomické asociace (IEA) z roku 2000 .....	16
2.4.2 Podle mezinárodního úřadu práce (ILO) .....	16
2.5 Grafické znázornění ergonomického systému .....	16
2.6 Postup ergonomů při řešení problémové situace .....	17
2.7 Muskuloskeletální onemocnění při nedodržení zásad ergonomie .....	18
2.8 Směrnice, legislativy, nařízení vlády .....	20
2.8.1 Směrnice EU .....	20
2.8.2 Legislativa v ČR .....	20
2.8.3 Nařízení vlády č. 361/2007 sb. v platném znění.....	21
<b>3. Ergonomické metody</b>	<b>22</b>
3.1 OWAS – Ovako Working Posture Assessment System .....	22
3.1.1 Princip.....	23
3.1.2 Použití metody .....	23
3.1.3 Postup krok po kroku.....	23

3.1.4	Ergonomické OWAS listy .....	24
3.2	RULA – Rapid Upper Limb Assessment .....	25
3.2.1	Princip .....	25
3.2.2	Použití metody .....	25
3.2.3	Postup krok po kroku .....	27
3.2.4	Ergonomické RULA listy .....	27
3.3	KIM – Key Indicator Method .....	28
3.3.1	Princip .....	28
3.3.2	Použití metody .....	28
3.3.3	Postup krok po kroku I. ....	29
3.3.4	Postup krok po kroku II .....	29
3.3.5	Ergonomické KIM listy .....	30
3.4	EJMS – Ergonomic Job Measurement System .....	31
3.4.1	Princip .....	31
3.4.2	Použití metody .....	32
3.4.3	Postup krok po kroku .....	32
3.4.4	Ergonomické EJMS listy .....	33
<b>4.</b>	<b>Školení pracovníků</b>	<b>34</b>
4.1	Příklad postupu školení pracovníků .....	34
<b>5.</b>	<b>Rozdělení metod dle vhodnosti použití</b>	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>Popis analyzovaného pracoviště</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>Činnosti na pracovišti</b>	<b>39</b>
7.1	Výsyp plných SCHÄFER přepravek do zásobníku stroje .....	39
7.2	Odebírání a následné skládání plných SCHÄFER přepravek z výstupního válečkového dopravníku na vozík .....	40
7.3	Ohýbání se pro ložiskové kroužky na měření přesnosti .....	40

7.4	Manipulace s prázdnými SCHÄFER přepravkami od vstupu k výstupu ze stroje .....	40
7.5	Tlačení plného vozíku od výstupního místa ze stroje k odbavovací ploše. ....	40
7.6	Snímek pracovního dne .....	41
<b>8.</b>	<b>Ergonomické měření</b>	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>Vyhodnocení počátečního měření</b>	<b>43</b>
9.1	Diskuze výsledků .....	45
<b>10.</b>	<b>Návrh zařízení</b>	<b>46</b>
10.1	Použití balanceru na pracovišti .....	47
10.2	Vyhodnocení měření s balancerem .....	48
10.3	Diskuze výsledků .....	50
<b>11.</b>	<b>Změna vstupu/výstupu ze stroje</b>	<b>51</b>
<b>12.</b>	<b>Návrh jeřábu</b>	<b>54</b>
12.1	Manipulační kleštiny .....	56
<b>13.</b>	<b>Ergonomické měření pohybů s manipulátorem</b>	<b>59</b>
13.1	Vyhodnocení měření s manipulátorem .....	60
13.2	Diskuze výsledků .....	62
<b>Závěr</b>		<b>63</b>
<b>Seznam obrázků</b>		<b>65</b>
<b>Seznam tabulek</b>		<b>66</b>
<b>Seznam grafů</b>		<b>67</b>
<b>Seznam použité literatury</b>		<b>68</b>
<b>Seznam příloh na CD</b>		<b>69</b>



## Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka, symbol	Jednotka	Popis
<i>BAuA</i>	—	<i>Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Spolkový institut pro bezpečnost a ochranu zdraví)</i>
<i>BOZP</i>	—	<i>Bezpečnost a ochrana zdraví při práci</i>
<i>CNC</i>	—	<i>Computer Numerical Control (Číslicově řízené stroje)</i>
<i>EJMS</i>	—	<i>Ergonomic Job Measurement System (Ergonomický systém měření práce)</i>
<i>IEA</i>	—	<i>International Ergonomics Association (Mezinárodní ergonomická asociace)</i>
<i>ILO</i>	—	<i>International Labour Organization (Mezinárodní úřad práce)</i>
<i>KIM</i>	—	<i>Key indicator method (Hodnocení na základě klíčových ukazatelů)</i>
<i>LASI</i>	—	<i>Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (Zemský výbor pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci)</i>
<i>MO</i>	—	<i>Muskuloskeletální onemocnění</i>
<i>NV</i>	—	<i>Nařízení vlády</i>
<i>OWAS</i>	—	<i>Ovaka Working Posture Analysing System (Hodnocení pracovního postoje)</i>
<i>RMB</i>	—	<i>Ruční manipulace s břemeny</i>
<i>RULA</i>	—	<i>Rapid Upper Limb Assessment (Hodnocení pracovních poloh horních končetin)</i>

# Úvod

V této diplomové práci se budu zabývat problematikou ergonomie, pracovních poloh a manipulací s materiálem na pracovišti broušení čel ložiskových kroužků, konkrétně na stroji s označením A0, a to ve firmě na výrobu ložisek Koyo Bearings Česká Republika, s.r.o.

Toto téma mne zaujalo z důvodu nízkého povědomí firem o možných muskuloskeletálních rizicích pro jejich pracovníky. V mnohých podnicích je nedostatečné či úplně scházející vyškolení pověřených osob, které mají daná pracoviště na starost.

V teoretické části přiblížím situaci s ergonomií ve světě. Uvedu zde také právoplatné nařízení úřadu pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, které se k danému tématu vážou.

Seznámím čtenáře s možnostmi zaškolení pracovníků firem pomocí autorizovaných odborníků na vztahy mezi člověkem a technickými systémy.

Dále se budu zabírat použitím jednotlivých ergonomických metod na rozličných pracovištích. Taktéž bych chtěl zdůraznit rozdíly mezi pohyby, které daná metoda bere v úvahu. Budu zde uvádět řešení zadaného problému, který se sestává z muskuloskeletálních rizik pro operátory stroje. Ti musí během své pracovní doby manipulovat s těžkými SCHÄFER přepravkami plnými ložiskových kroužků. Váha takového přepravky může činit až 30 kg. Pro hodnocení muskuloskeletálních rizik využiju čtyři zvolené ergonomické metody. Výsledky těchto metod porovnám pomocí grafů. Na základě výstupu provedu návrhy odlehčovacích zařízení, uvedu výběrové řízení jednotlivých dodavatelů a finanční náročnost jejich nabídek.

Následně provedu nové pozorování pracoviště s již využívaným odlehčovacím zařízením a po této změně vyhodnotím ergonomická rizika.

V závěru porovnám kompletní ergonomickou situaci v praktickém využití před a po instalaci odlehčovacího zařízení s nákladovou náročností a návratností.

# 1. Koyo Bearings Česká republika, s.r.o.

## 1.1 Historie

Společnost Koyo Bearings Česká republika, s.r.o. byla založena v prosinci roku 2000. Během 6 měsíců postavila v Olomouci nový moderní závod na výrobu ložisek.

## 1.2 Firma nyní

Koyo Bearing Česká Republika, s.r.o. představuje jednu z divizí JTEKTu. Korporace JTEKT se sídlem v Japonsku je předním světovým výrobcem ložisek, systémů řízení, náprav, strojů a náradí. Firma se soustředí na automobilový, zemědělský, stavební, těžký průmysl (výroba oceli a větrných mlýnů), trh obráběcích nástrojů, elektrických motorů a všeobecného strojního zařízení.

Výrobní program tvoří jehličková a válečková ložiska a kladky pro automobilový průmysl a strojírenství (Obrázek 1). Produkty jsou aplikovány do převodovek, motorů, systémů řízení, kol, brzd, startérů, dále do vysokozdvizných vozíků, kompresorů a dalších. Společnost vyvinula s pomocí nových materiálů a nejnovějších výrobních technologií hybridní keramická ložiska a širokou škálu extrémních ložisek pro speciální prostředí, která splňují stále přísnější a náročnější požadavky moderních průmyslových odvětví.



*Obrázek 1 – Ložiska<sup>[1]</sup>*

### 1.3 Technologie výroby

Ložisko se zpravidla skládá z vnějšího kroužku, vnitřního kroužku a valivých prvků, kterými jsou kuličky, kuželíky, jehličky nebo válečky, které bývají umístěny v tzv. kleci. Olomoucký výrobní závod se zaměřuje na výrobu ložiskových kroužků a montáž ložisek. Výroba kroužků prochází těmito výrobními kroky: soustružení, dokončovací operace za měkka, kalení v kalící peci, broušení a montáž.

Soustružení představuje dominantní operaci tzv. třískového obrábění ložiskových kroužků. Provádí se na CNC soustruzích, na nichž se z bezešvých trubek nebo tyčí vysoustruží komponenty požadovaných tvarů a rozměrů. Doplňkovými metodami obrábění je frézování, protahování, dokončování výrobních detailů a vrtání mazacích otvorů. Mezi nejnovější výrobní metody patří i tzv. soustružení „za tvrda“, tj. po kalení, kdy se obrábí tvrdý materiál za velmi vysoké teploty.

Připravené polotovary ze soustružny se perou, vysuší a zakalí. V peci dojde po postupném nahřívání ložiskových kroužků k jejich prudkému ochlazení. Poté se kroužky popouštějí, čímž získají na houževnatosti a stabilitě rozměrů.

Brousí se čelní plochy ložiskových kroužků, vnější průměry, vnitřní průměry, oběžná dráha a opěrná čela. Vše se brousí na speciálních bruskách. Poté kroužky prochází operací honování, čímž se vylepšuje mikrogeometrie a snižuje hlučnost ložisek.

Závěrečnou etapou výroby je u vybraných ložisek jejich montáž, kdy se v jeden celek spojí vnější a vnitřní kroužek prostřednictvím ložiskové klece a valivých částí (válečků nebo jehliček). Kvalitu výrobků zajišťuje stoprocentní kontrola hlučnosti, kterou smontované ložisko prochází.<sup>[1]</sup>

## **2. Ergonomie**

### **2.1 Historie ergonomie**

Slovo ergonomie pochází z řečtiny a je složené ze dvou slov (ergon = práce, nomos = jméno, zákon, pravidlo) a znamená nauku o práci. Poprvé termín použil W. Jastrzebowski v r. 1857. Tehdy v časopise „Příroda a průmysl“ vyšel jeho článek na téma „Náčrt ergonomie čili vědy o práci založené na zákonech převzatých z přírody.”

Skutečný vývoj ergonomie začal v 60. letech, kdy vznikl Mezinárodní spolek ergonomických společností (1962). V Čechách existuje v současnosti Česká ergonomická společnost. Jedná se dobrovolné a nezávislé odborné sdružení fyzických osob, jehož posláním je podporovat rozvoj ergonomie a její uplatnění v praxi. Sdružuje odborníky zabývající se rozvíjením a uplatňováním ergonomie v různých oblastech života a práce, s cílem přispět k humanizaci lidské činnosti a optimalizaci vztahů mezi schopnostmi člověka a podmínkami pro jeho činnost a spolupracuje s jinými organizacemi, které mají podobné zaměření a cíle. [2], [3]

### **2.2 Co je to ergonomie?**

V encyklopediích najdeme, že ergonomie je vědecká disciplína zabývající se zásadami a metodami přizpůsobování pracovních podmínek fyzickým a psychickým vlastnostem člověka, tzn. využitím speciálního technického vybavení a vytvářením takového pracovního prostředí, jež odpovídá požadavkům fyziologie a psychologie práce. Pojem ergonomie se v encyklopediích objevil teprve v 70. letech minulého století.

Základním významem ergonomie je optimalizace práce, která je chápána jako soustava nebo systém společného působení člověka a pracovního prostředí. Širší definice zmiňují jako předmět ergonomie nejen vědu o lidských činnostech, ale také veškerou analýzu a rozvoj vzájemné provázanosti všech prvků pracovního systému, pracovní činnosti člověka, organizace a způsobu práce a jejích produktů. Jinými slovy, ergonomie je věda o tom, jak optimálně zorganizovat pracovní prostředí, aby bylo co možná nejlépe přizpůsobeno psychickým a fyzickým požadavkům člověka a v co nejmenší míře negativně ovlivňovalo jeho zdraví.

V teorii poznání stále více sílí hledání kvality života (cíl filosofické antropologie). Ergonomové nalézají kvalitu života v užitku z práce. Práce je účelná lidská činnost, při níž se vynakládá úsilí na zamýšlenou změnu pracovního předmětu a získává se z ní jak výtvar, jako produkt uspokojení potřeby, tak výdělek, jako zdroj obživy. Dnes se může zdát, že „pracuje“ stroj a člověk ho jen obsluhuje, ale člověk nadále zůstává subjektem vlastní práce (osobní uspokojení a podněty k tvořivosti a odpovědnosti), práce totiž slouží k uskutečnění jeho lidství. [2], [3]

## 2.3 Fázový vývoj ergonomie

Období před – ergonomické, empiricko – zkušenostní období, od výroby nástrojů k začátku hromadné výroby řemeslné výroby, pomoci byly osobní zkušenosti, jež měly charakter jednotlivých praktických faktů, poznatků, zkušeností.

- I. **Ochranná** fáze vývoje ergonomie (2. polovina 19. stol.) předmětem bádání byla práce (zlepšit ochranu zdraví a výkonnost). Přístup byl monodisciplinární.
- II. **Technicistní** fáze vývoje ergonomie (1900 – 1945) předmětem bádání bylo technické řešení za účelem zvýšit efektivitu práce (např. zavedení pásové výroby), zkoumání další možnosti zvýšit efektivitu práce (výkon / únava, časová analýza a syntéza pracovních pohybů, změna typu vedení) a účinněji blokovat negativní vliv faktorů pracovního prostředí. Přístup byl interdisciplinární.
- III. **Produkční** fáze vývoje ergonomie (1945 – 1980) – předmětem, cílem zkoumání bylo odstranit senzomotorické omezení člověka a zvýšit výkonnost člověka (měření motorických a mentálních funkcí). Přístup byl multidisciplinární v předsystémovém celku „člověk – stroj – prostředí“.
- IV. V současné **humanizační** fázi vývoje ergonomie (1980 – dosud) je cílem zkoumání systém člověka při práci a člověka jako uživatele (zavádění participativních ergonomických zásahů) a vzdělání a osvěta populace pro výběr zboží. Základním přístupem je systémová analýza a syntéza.

Základem pracovního systému je tedy člověk při práci. Systémový přístup je formou celostního poznávání objektivní reality světa tam, kde již není možné poznávání jedním člověkem a jednou vědou (systematičnost versus chaos). Při popisu systému se

napřed vysvětluje cíl, chování a vazby celku na okolí, pak následuje systémová analýza, tj. rozklad systému či zúčastněných subsystémů na komponenty a jednotlivé části. Dále se hledají struktury, tj. popisují se prvky a vymezí se jejich definice. Odhalují se mezi nimi funkční vztahy. Systém nejde chápat jen jako složení struktur a souhrn vlastností, především v něm jde o vzájemnou interakci jeho složek.

Na konci šetření má probíhat systémová syntéza, tj. popis a vysvětlení z hlediska zapojení zkoumaného systému v celku nadřazeného systému. Systémový přístup měl v ergonomii zajistit nejen pouhý popis funkčních vztahů mezi jednotlivými faktory a strukturou jejich analýzou, ale také vysvětlit poznatky a integrovat je do nové kvality poznání systému za pomoci syntézy. K poznání objektu nebo jevu v systému slouží syntéza, která podává vysvětlení dynamiky jevu ze vzájemných vztahů částí, z jejich míst a funkcí v celku. Je tedy nutné odstoupit ze zkoumaného systému na jeho vyšší hierarchickou úroveň, abychom poznali kontext zkoumaného systému a abychom na základě změn v něm odhalili změny v hierarchicky nadřazeném systému. Je totiž nepopíratelnou pravdou, že každá změna struktury ve zkoumaném systému vyvolá dynamickou změnu funkčních vztahů, dojde k vychýlení původní funkční rovnováhy. Po určité době se uvnitř systému ustaví nová dynamická rovnováha (s výchyly kolem normálu), která interakčně ovlivňuje chování nadřazeného systému.

V metodických postupech nejde při užití analýzy a syntézy jen o získání nových poznatků, ale i o metody výkladu poznatků. Systémová analýza a syntéza provádí operační rozkládání celku na části a opětné logické skládání částí do celku. Je to v tomto stádiu lidského poznání nejdůležitější myšlenkový proces s použitím abstrakce a zobecnění, jež vede od složitého k jednoduchému a od mnohosti k jednotě.<sup>[3]</sup>

## 2.4 Hodnocení ergonomie dle institucí

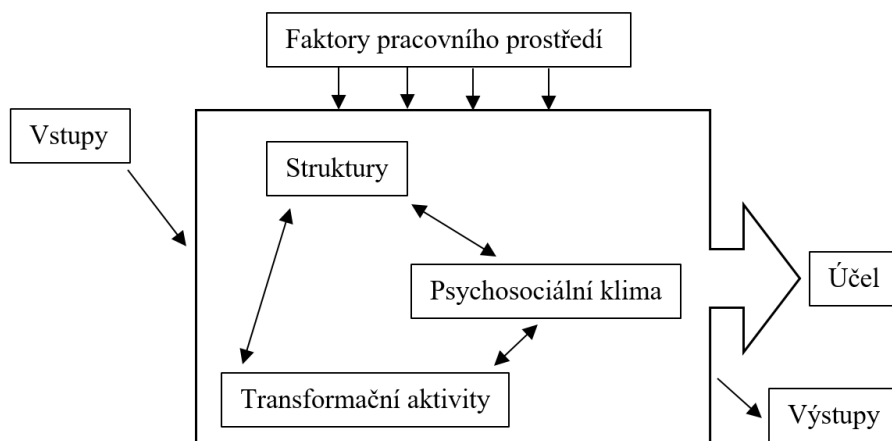
### 2.4.1 Podle mezinárodní ergonomické asociace (IEA) z roku 2000

*„Ergonomie je vědecká disciplína založena na porozumění interakcí člověka a dalších složek v systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost. Přispívá k řešení designu a hodnocení práce, úkolů, produktů, prostředí a systémů, aby byly kompatibilní s potřebami, schopnostmi a výkonnostním omezením lidí. Ergonomie je tedy systémově orientovaná disciplína, která prakticky pokrývá všechny aspekty lidské činnosti. V rámci holistického (celostního) přístupu zahrnuje faktory fyzické, kognitivní, sociální, organizační, prostředí a další relevantní faktory.“* [3]

### 2.4.2 Podle mezinárodního úřadu práce (ILO)

*„Polidštění práce, dosažení vyšší úrovně adaptace mezi člověkem a jeho prací z humanitního (zdravotního) i z ekonomického hlediska (produktivita práce). Dle autorů je předmětem ergonomie studium interakcí v převážně pracovních systémech, odhalení jejich vzájemných vazeb a účinků, a vytváření souborů opatření technického, organizačního a personálního typu, jako je uplatnění příslušných poznatků v konstrukci pracovních prostředků, ve vybavení a uspořádání pracovních míst, ve vytvoření zdravého pracovního prostředí, ve vytvoření vhodného režimu a organizace práce a v přípravě ke způsobilosti člověka pro předpokládanou práci apod.“* [3]

## 2.5 Grafické znázornění ergonomického systému

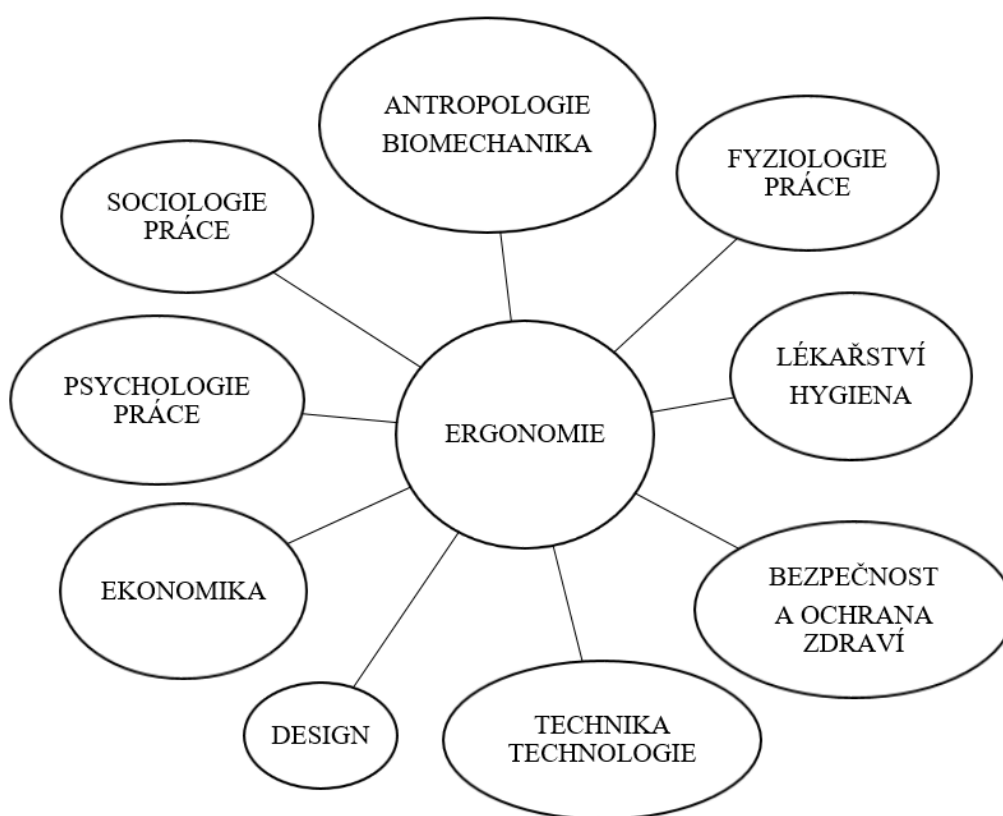


Obrázek 2 – Ergonomický systém [3]



Jelikož složitost některých jevů je již tak velká, byla jejich poznatelnost umožněna pouze celým systémem věd, vznikl multidisciplinární (víceoborový) přístup, kterým byly na západě v letech 1964–1983 zkoumány vzájemné interakce, tj. vliv více faktorů na člověka a naopak, antropogenních vlivů člověka (jedinec, populace, společnost) na prostředí, a to jako mozaiku souboru poznatků dosud nespojených do vyššího celku.

Ergonomie využívá poznatků řady zúčastněných vědních disciplín, jako typická aplikační věda o složitém jsoucnu, jakým systém člověka při práci bezpochyby je. Aby ergonomie zvládla množství nově vznikajících praktických i teoretických poznatků, došla při řešení složitých, multifaktoriálních pracovních situací k multidisciplinárnímu systémovému přístupu. Prezентují zde originální model mnoho oborové ergonomie. <sup>[3]</sup>

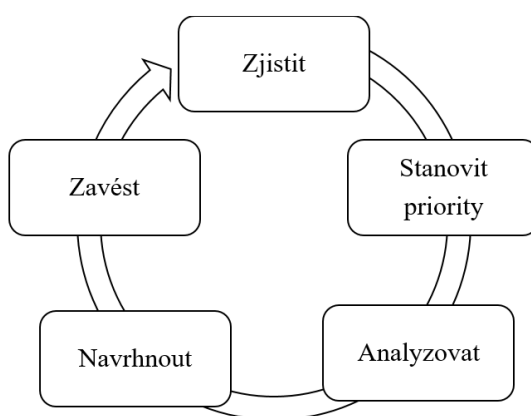


Obrázek 3 – Grafické znázornění mnoho oborové ergonomie <sup>[3]</sup>

## 2.6 Postup ergonomů při řešení problémové situace

- Soupis vstupních obecných informací – anamnéza, jako jsou účel pracoviště, jeho vybavení technické a personální, vývoj v čase a prostoru, stanovení hlavního cíle a případně vedlejších cílů.

- Seznámení se s objektivním stavem – analýza: prohlídka pracoviště s výkladem, studium listinných a počítačových informací, rozhovory se zkušenými i nezkušenými pracovníky, zpočátku nahodilými, později konkrétními a zodpovědnými.
- Pojmenování problému – diagnóza, tj. nalezení krizových bodů a narušení toků materiálů, pracovníků, informací, provozu.
- Plán postupu, jak dosáhnout cíle – vypracování metodiky nutných zásahů do systému člověka při práci, napřed jejich kvalifikační určení (jaké, kde) a pak jejich kvantifikace (míra, intenzita), a dále – příprava nutných vstupů (finanční, technické a personální), – stanovení kontrolních ukazatelů.
- Provedení ergonomických zásahů do systému – „léčebný“ zákrok: organizační opatření (manažerská rozhodnutí), technická či technologická realizace (nahrazení původního subsystému) a sociální práce (přijetí a vyškolení obsluhy).
- Zpětnovazební kontrola ukazatelů, zda systém funguje (stabilizace systému, přizpůsobení složek vychylující změně).
- Zobecnění závěrů ze všech opatření – prevence pro příští šetření, rozvoj a vzdělání. <sup>[3]</sup>



Obrázek 4 – Znázorněný ergonomický postup <sup>[4]</sup>

## 2.7 Muskuloskeletální onemocnění při nedodržení zásad ergonomie

Muskuloskeletální onemocnění (dále jen MO) je skupina týkající se nervů, svalů, šlach a opěrných nosných struktur jako jsou meziobratlové ploténky. Reprezentují širokou škálu onemocnění, které se liší velikostí obtíží i závažností. Mohou vyústit v dlouhotrvající a závažná onemocnění.

MO je jedním z největších zdravotních problémů v celé EU. V zemích EU tvoří 53% ze všech přiznaných nemocí z povolání, v ČR je to kolem 33%. Tyto nemoci se stávají stále stoupajícím trendem.

Dle nejnovějších výzkumů trpí:

- 24% pracovníků bolestmi zad,
- 22% pracovníků bolestmi svalů zejména horních a dolních končetin,
- 23% pracovníků celkovou fyzickou únavou <sup>[4]</sup>.

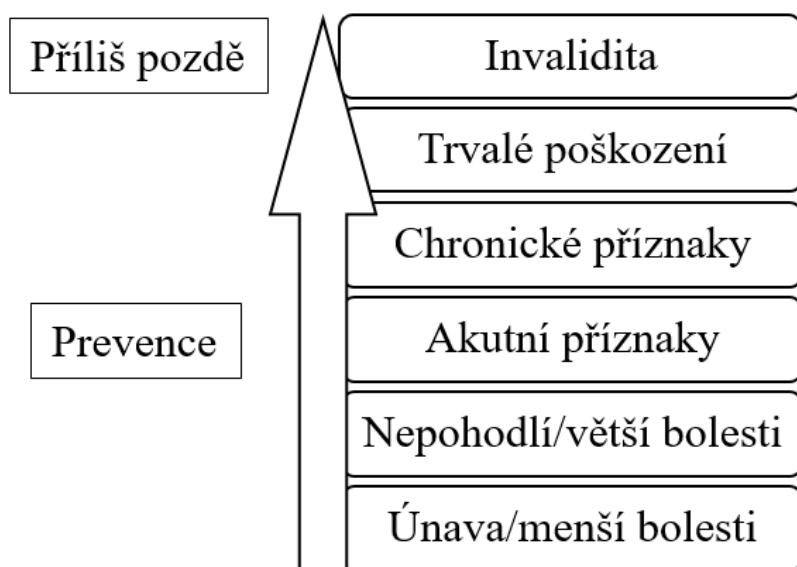
Rozlišují se dva základní typy poškození:

- Akutní poškození – úrazy,
- Kumulativní poškození z jednostranné dlouhodobé nadměrné zátěže <sup>[4]</sup>.

Rizikové faktory MO sestávají z celkové fyzické zátěže, ruční manipulace s břemeny, repetitivních pohybů, malé úkolové variability, opakovaného vynakládání velkých svalových sil, nefyziologických pracovních poloh. Neopomenutelnými dalšími vlivy se stávají i prodloužená pracovní doba, stárnutí pracovníka, pracovní stres, aj. <sup>[4]</sup>

Dle procentuálního zjištění můžeme MO rozdělit do následujících ergonomických rizik, kterým jsou pracovníci vystaveni:

- 62% pracovníků vysokým počtům repetitivních pohybů,
- 47% pracovníků nepříznivým pracovním polohám,
- 36% pracovníků provádí ruční manipulaci s těžkými břemeny,
- 24% pracovníků vibracím <sup>[4]</sup>.



Obrázek 5 – Vývin MO <sup>[4]</sup>

## 2.8 Směrnice, legislativy, nařízení vlády

### 2.8.1 Směrnice EU

Rámcová směrnice Rady EU **89/391/EHS**

**90/269/EHS** Směrnice Rady o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při ruční manipulaci s břemeny, při níž je riziko poškození páteře zaměstnanců.

**89/655** Směrnice Rady o minimálních bezpečnostních a zdravotních požadavcích na používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci.

**89/654** Směrnice Rady o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví na pracovišti.

**95/63** Směrnice Rady o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci.

**90/270** Směrnice Rady o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro práci se zobrazovacími jednotkami <sup>[4]</sup>.

### 2.8.2 Legislativa v ČR

**Zákon č. 258/2000 Sb.** o ochraně veřejného zdraví v platném znění:

- ukládá zaměstnavatelům provádět kategorizaci prací,
- ukládá KHS (krajské hygienické stanici) vykonávat státní zdravotní dozor v ochraně veřejného zdraví při práci,

**Zákon č. 262/2006 Sb.** zákoník práce v platném znění.

**Zákon 309/2006 Sb.** o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

**Vyhláška č. 432/2003 Sb.,** kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií.

**Vyhláška č. 288/2003 Sb.,** kterou se stanoví práce a pracoviště, které jsou zakázány těhotným ženám, kojícím ženám, matkám do konce devátého měsíce po porodu a mladistvým, a podmínky, za nichž mohou mladiství výjimečně tyto práce konat z důvodu přípravy na povolání <sup>[4]</sup>.

### **2.8.3 Nařízení vlády č. 361/2007 sb. v platném znění**

Připraveno na základě zmocnění ze zákona **č. 309/2006 Sb.**

Tento zákon dle § 1 zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje to, co je uvedeno v jeho názvu v návaznosti na zákon **č. 262/2006 Sb. zákoník práce.**

Nabylo účinnost dnem 1. 8. 2008 a nahradilo **NV č. 178/2001** v platném znění.

V současné době novelizace – **NV č. 68/2010 Sb.** <sup>[4]</sup>.

### 3. Ergonomické metody

V praxi se používá nespočetné množství ergonomických metod. Pro diplomovou práci a následné řešení problematiky využívám čtyř ergonomických metod a to:

- OWAS,
- RULA,
- KIM,
- EJMS.

Tyto ergonomické metody si níže přiblížíme.

#### 3.1 OWAS – Ovako Working Posture Assessment System

V polovině roku 1970 ve finském městě OvakoOy, byla vyvinuta popisovaná metoda. Vyvinuta byla pracovníky těžkého průmyslu. Spolupracovali na ní s Finským institutem pro pracovní zdraví. Společně ji představili jako metodu, která je při použití velmi jednoduchá a užitečná. Metoda je aplikována pro své zlepšující návrhy. Hodnotí se relativní nepohodlí pracovní pozice na základě polohy zad, rukou a nohou a hladiny zatížení. Danému pracovnímu postoji se přiřadí hodnotící číslo, které označuje naléhavost provést korektivní měření. Korektivní měření se provádí pro snížení potencionálního nebezpečí zranění pracovníka.

Metoda OWAS umožňuje posoudit komplexně (na rozdíl od jiných posuzovacích metod jako je například Rula) všechny pozice přijaté v průběhu plnění úkolů práce. Na druhou stranu, metoda OWAS není nejpřesnější – umožňuje identifikaci několika základních poloh paží, zad a nohou, které kóduje v každé pozici („kód pozice“), avšak nedovoluje podrobné studie o závažnosti každé pozice. Například metoda určuje, zda zaměstnanec plní své úkoly s pokrčenými koleny, nebo ne, ale nerozlišuje mezi různými stupni flexe. Dvě pozice se stejným kódováním se můžou lišit v míře flexe nohou a následně v úrovni nepohodlí pracovníka.

Byť je tato metoda poměrně stará a méně přesná, zůstává právě díky komplexnímu pohledu jednou z nejpoužívanějších hodnotících nástrojů. [5], [6]

### **3.1.1 Princip**

OWAS je pozorovací metoda, kdy pozorování různých poloh pracovníka v průběhu plnění pracovního úkolu probíhá v pravidelných intervalech a umožní rozpoznat až 252 různých pozic v důsledku možných kombinací polohy zad (4 polohy), rukou (3 pozice), nohou (7 míst) a zvedání nákladu (3 intervaly).

Každá pozice má přiřazený svůj kód, z kterého se následně vyčte riziko pro pracovníka (OWAS rozlišuje čtyři úrovně nebo kategorie rizik pro každou pozici). To znamená, že realizace kódování určuje rizikovou kategorii pro každou pozici jednotlivě.

Riziko nebo nepohodlí pro každou část těla (záda, paže a nohy) se posuzuje globálně, to znamená s přihlédnutím ke všem postojům a pohybům a je dále vyhodnocováno.

Konečná analýza kategorií rizika vypočtené pro každé sledované bodové držení těla, jakožto i pro různé části těla, jako celek, určí nejkritičtější pozice pracovníka a následně vede ke zlepšovacím a nápravným opatřením. <sup>[5]</sup>

### **3.1.2 Použití metody**

Použití metody začíná s pozorováním práce vykonanou pracovníkem. Pokud se ve sledovaném období vyskytují různé aktivity pracovníka, musí být pozorování rozděleno na určité fáze prací. To znamená, že rozdělení probíhá v období, kdy jsou práce velmi odlišné. V případě, že práce, kterou pracovník vykonává je homogenní a aktivita je konstantní, vyhodnocení bude nejjednodušší. Pokud práce homogenní není, vyhodnocení by se stalo vícefázové a je nutné každou fázi hodnotit samostatně.





Pozorovací doba potřebná pro záznam pozic se liší dle pracovních cyklů. Pokud se ta samá činnost práce opakuje krátkou dobu, bude vyžadovat kratší pozorování. Pokud je práce bez definovatelných cyklů ve velmi různých polohách, pozorování by mělo být provedeno v delším časovém rozestupu. Obecně platí délka pozorování mezi dvaceti až čtyřiceti minutami. <sup>[5]</sup>

### **3.1.3 Postup krok po kroku**

1. Zjistit, zda sledování úlohy musí být rozděleno do několika fází, nebo etap, aby se usnadnilo pozorování (s jedním nebo několika hodnotícími fázemi).
2. Nastavit celkový čas pozorování tohoto úkolu (20 až 40 minut).

3. Určit délku časových intervalů, ve kterých je nutno rozdělit pozorování (navrhovaný časový interval mezi 30 a 60 sekundami)
4. Určit, pro pozorování úkolu nebo fáze, různé postoje pracovníka. U každé pozice určit polohu zad, paží a nohou a jak náklad zvedl.
5. Kódovat pozorované polohy, přiřadit ke každé pozici a načíst hodnoty číslic, které tvoří jeho "kód pozice" ID.
6. Vypočítat pro každý "kód pozice," rizikové kategorie, do které patří, s cílem identifikovat pozice kritické nebo vyšší rizika pro zaměstnance. Výpočet procenta pozic zařazených do každé kategorie rizika mohou být užitečné pro stanovení těchto kritických míst.
7. Vypočítat procento, nebo relativní četnost opakování jednotlivých poloh paží, zad a nohou, s ohledem na ostatní.
8. Určit, na základě relativní četnosti každé pozice, riziko kategorie, do které patří každá pozice různých částí těla (záda, ruce a nohy), s cílem určit ty, které mají kritické činnosti.
9. Určit na základě vypočítaných rizik nápravná opatření.
10. Pokud jste provedli změny, je třeba přehodnotit úlohu pro ověření účinnosti zlepšení.<sup>[6]</sup>

### 3.1.4 Ergonomické OWAS listy

Pozice zad		Skóre pozice
Rovná		1
Ohnutá		2
Zkroucená		3
Ohnutá a zkroucená		4

Obrázek 6 – Vzorová část OWAS listu



## 3.2 RULA – Rapid Upper Limb Assessment

Roku 1993 byla prvně popsána ergonomická metoda Rapid Upper Limb Assessment (RULA), o což se zapřičinili Lynn McAtamney a Nigel Corlett. Tato metoda byla vyvinuta pro ergonomické analýzy pracovišť, a to především tam, kde se vyskytuje zatížení oblasti krku a horních končetin, umožňuje snadno vypočítat hodnocení zatížení pohybového aparátu. [6]

Existuje několik metod pro posouzení rizik souvisejících s posturální zátěží, definované podle rozsahu, vyhodnocování jednotlivých pozic nebo sad pozic. Jednou z metod pozorování pro vyhodnocování poloh nejrozšířenější praxe je RULA.

RULA je snímkový nástroj, který posuzuje biomechanické a posturální zatížení celé horní poloviny těla. Hodnocení metodou RULA vyžaduje málo času na dokončení a hodnocení. Vytváří seznam akcí, ve kterém je uvedena výše intervence ke snížení rizika poranění v důsledku fyzického zatížení na pracovníka. RULA má být použita jako součást širší ergonomické studie. [7]

### 3.2.1 Princip

Jeden z více rizikových faktorů obvykle spojený s nástupem onemocnění pohybového aparátu je přílišné zatížení. Je-li pracovník vystaven statické nebo opakované nepřírozené poloze těla, mohou tyto polohy přerůst v důsledku ve zdravotní problémy. Klíčové je zde vyhodnocení celkového zatížení pohybového aparátu a v případě nutnosti musíme přijmout opatření ke zlepšení pracovní situace.

Pro danou pozici RULA dostaneme počet bodů, z nichž určitá skupina znamená úroveň výkonu. Ta bude indikovat, zda je pozice přijatelná, nebo do jaké míry jsou potřebné změny. RULA umožňuje ergonomovi identifikaci potenciálních ergonomických problémů vyplývajících z nadměrných posturálních zátěží. [7]

### 3.2.2 Použití metody

RULA hodnotí jednotlivé pozice, ne soubory nebo sekvence pozic. Proto je nutné vybrat prioritně pozice hlavního posturálního zatížení vzhledem k jejich četnosti nebo vyšší odchylky od neutrální tělesné polohy.

Za tímto účelem se stává prvním krokem pozorování úkonů, které pracovník na svém pracovišti plní. Sledujeme a stanovujeme pozice, které budou dále předmětem

hodnocení. V případě, že je cyklus práce příliš dlouhý nebo nejsou k dispozici žádné cykly, posouzení lze provést v pravidelných intervalech.

Měření se provádí zachycením úhlů postojů pracovníka. Tato měření mohou být prováděny přímo na pracovníkovi úhlooměry, elektro - goniometry nebo jakýmkoliv zařízením pro vytváření dat úhlů. Můžeme také použít fotografie pracovníka a jeho úhly postojů měřit na nich. Jsou-li použity fotografie, je nezbytné provést dostatečný počet snímků z různých úhlů pohledu (převýšení, profil, detailní pohledy, aj.). V tomto případě je velmi důležité zajistit, aby se naměřené úhly objevující se na fotografiích odvíjely od základní roviny, tj. vertikální osy těla.

Tato metoda by měla být použita na pravé straně a na levé straně těla zvlášť. Ergonom si může vybrat za prioritní tu stranu, která zřejmě podléhá větší posturální zátěži, ale v případě pochybnosti je vhodnější analýza na obou stranách.

RULA rozděluje tělo do dvou skupin, skupiny A, která zahrnuje horní končetiny (paže, předloktí a zápěstí) a skupiny B, která obsahuje nohy, trup a krk. Tabulkami spojenými s metodou určíme skóre, které je přiřazeno ke každé oblasti těla. Na základě těchto skóre přiřadíme hodnoty ke každé ze skupin A a B.

Klíčem k přidělení hodnot je měření úhlů tvořených různými částmi těla pracovníka. Touto metodou se stanoví pro každý člen forma měření úhlu. Následně celkové skóre skupin A a B je upraveno v závislosti na typu svalové vyvinuté aktivity, tj. síla působící při plnění pracovních úkonů. Konečný výsledek se získává z těchto upravených hodnot.

Konečné hodnoty poskytnuté metodou RULA jsou úměrné riziku při provádění úkonů tak, že vyšší hodnoty označují větší riziko poranění pohybového aparátu. Úroveň rizika se nachází v rozmezí od stupně 1, který odhaduje, že hodnocená pozice je přijatelná po stupeň 4, což naznačuje, že je nezbytně nutné provést změny. <sup>[7]</sup>

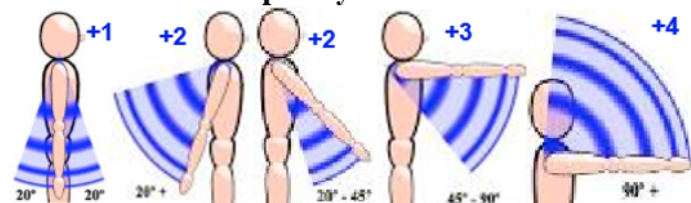
### 3.2.3 Postup krok po kroku

1. Vybírání pozic a držení těla pro hodnocení jde o prozkoumání pracovního cyklu po jednotlivých momentech. Pokud se ukáže, že je pracovní cyklus velmi dlouhý, je třeba provádět daná hodnocení v pravidelných intervalech.
2. Pozice jsou hodnoceny podle bodovacího listu, částí těla, diagramů a tabulek je tedy třeba rozhodnout, která ruka bude hodnocena nebo jestli budou hodnoceny obě najednou.
3. Tyto body jsou převedeny do jedné ze čtyř úrovní akcí. [6]

### 3.2.4 Ergonomické RULA listy

#### TABULKA A: Analýza rameno + zápěstí

##### Krok 1: Lokalizace polohy ramene



Pokud je rameno zvýšeno:

+1

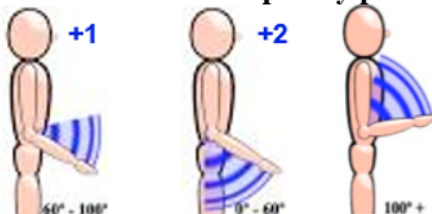
Pokud je rameno podepřeno či se člověk opírá:

+1

Pokud je horní část ramene unášena:

+1

##### Krok 2: Lokalizace polohy předloktí

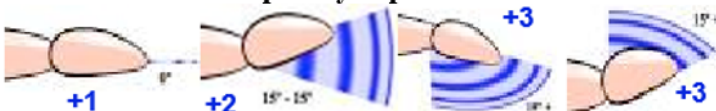


Pokud předloktí pracují vytočeny mimo linii těla:

+1



##### Krok 3: Lokalizace polohy zápěstí



Pokud je zápěstí ohnuto mimo linii těla:

+1



Obrázek 7 – Vzorová část RULA listu

### 3.3 KIM – Key Indicator Method

Metodu vyvinul v Německu v roce 2007 Federální institut pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (BAuA) a Zemský výbor pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (LASI) v úzké spolupráci s odborníky z praxe, bezpečnostními techniky, závodními lékaři, zaměstnavateli a zaměstnaneckými sdruženími, pojistnými orgány a vědeckými institucemi.

Metoda klíčových položek byla vyvinuta pro hodnocení rizik na úrovni sledování v případě ruční manipulace s břemeny (RMB). Jsou k dispozici 2 různé pracovní listy pro zvedání, držení, nošení a tahání, sunutí.

Popis a hodnocení pracovní činnosti jsou odděleny. Popis činnosti je objektivní, bez hodnocení. Popis činnosti tudíž zůstává platný i tehdy, když se podrobnosti postupu hodnocení rizika změny kvůli změnám v právních předpisech. <sup>[6]</sup>

#### 3.3.1 Princip

V několika krocích bude všem položkám přiřazeno skóre od minimální do maximální hodnoty. Uživatel nepotřebuje přesná měření. Hodnocení rizika je založeno na modelu dávkování - trvání vynásobené intenzitou. Bere v úvahu biomechanické, metabolické a individuální aspekty. Stejný princip se používá pro všechny druhy fyzických pracovních zátěží. Metody klíčových položek pro zvedání, držení, nošení a sunutí, tahání jsou součástí systému KIM pro všechny druhy fyzických pracovních zátěží (vyvíjejí se další sekce, které pokrývají opakované ruční zpracování, vysoké akční síly, omezené polohy těla a pohyby těla bez ruční manipulace s břemeny). Metody klíčových položek lze začlenit do technologie a podnikového vedení BOZP a lze je rovněž využít v epidemiologických studiích na úrovni podniků. <sup>[6]</sup>

#### 3.3.2 Použití metody

##### **Metoda klíčových ukazatelů pro činnosti zahrnující zvedání, držení, nošení**

Hodnocení se provádí v podstatě pro činnosti ruční manipulace a musí se týkat jednoho pracovního dne. Pokud se během jedné činnosti mění hmotnosti břemene nebo polohy těla, je nutno vytvořit průměrné hodnoty. Pokud se v rámci celé činnosti objeví několik činností ruční manipulace s břemeny se značně rozdílnými způsoby manipulace s břemenem, je nutno je odhadnout a zdokumentovat odděleně. <sup>[6]</sup>

### **3.3.3 Postup krok po kroku I**

Při hodnocení jsou nutné následující 3 kroky:

1. Stanovit počet bodů za čas.
2. Stanovit body pro klíčové ukazatele.
3. Vyhodnocení.

Při stanovování hodnotících bodů je v podstatě povoleno vytvářet mezistupně (interpolace). Z frekvence 40 například vyjdou 3 body za čas. Jedinou výjimkou je efektivní zátěž rovna nebo vyšší než 40 kg u mužů a 25 kg u žen. Taková břemena nekompromisně získají 25 bodů. Tento postup slouží pouze jako orientační hodnocení pracovních podmínek pro zvedání a nošení břemen. Přesto je při stanovování bodů za čas, bodů za břemeno, bodů za polohu těla a bodů za pracovní podmínky nezbytně nutné dobře znát hodnocenou činnost ruční manipulace. Pokud tato znalost není k dispozici, nelze hodnocení provést. Přibližné odhady nebo domněnky vedou k nesprávným výsledkům. Každá pracovní činnost je hodnocena na základě skóre rizika souvisejícího s činností (vypočítá se sečtením hodnotících bodů za klíčové ukazatele a vynásobením hodnotícími body za čas). [6]

### **Metoda klíčových ukazatelů pro činnosti zahrnující tahání, sunutí**

Metoda klíčových ukazatelů pro činnosti jako jsou tahání a sunutí probíhá stejně jako u metody pro zvedání, držení, nošení. To znamená, že hodnocení se provádí pro jednotlivé činnosti, které se týkají jednoho pracovního dne. Pokud se během jedné činnosti mění hmotnosti břemene nebo polohy těla, je nutno vytvořit průměrné hodnoty. Pokud se v rámci celé činnosti objeví několik činností ruční manipulace s břemeny se značně rozdílnými způsoby manipulace s břemenem, je nutno je odhadnout a zdokumentovat odděleně.

### **3.3.4 Postup krok po kroku II**





Při hodnocení jsou nutné následující 3 kroky:

1. Stanovit počet bodů za čas.
2. Stanovit počet bodů pro klíčové ukazatele.
3. Vyhodnocení.

Při stanovování hodnotících bodů je v podstatě povoleno vytvářet mezistupně (interpolace). Z frekvence 40 například vyjdou 3 body za čas.

Každá pracovní činnost je hodnocena na základě skóre rizika souvisejícího s činností (vypočítá se sečtením hodnotících bodů za klíčové ukazatele a vynásobením hodnotícími body za čas). Pokud tuto činnost vykonávají ženy, násobí se hodnotící body koeficientem 1,3. To zohledňuje skutečnost, že ženy mají přibližně 2/3 silové kapacity mužů.<sup>[6]</sup>

### 3.3.5 Ergonomické KIM listy

Typická poloha těla, umístění břemene	Poloha těla, umístění břemene	Body za polohu těla
	- Horní polovina těla vzpřímená, neotočená - Při zvedání, držení, nesení a snášení je břemeno blízko těla	1
	- Mírný předklon či natočení trupu - Při zvedání, držení, nesení a snášení je břemeno středně daleko od těla	2
	- Hluboký nebo daleký předklon - Mírný předklon se současným natočením trupu - Břemeno je daleko od těla nad úroveň ramen	4
	- Daleký předklon se současným natočením trupu - Břemeno je daleko od těla - Při stání není poloha stabilní - Přikrčení nebo klečení	8

Obrázek 8 – Vzorová část KIM listu

### 3.4 EJMS – Ergonomic Job Measurement System

Metoda nazývaná ve zkratce EJMS neboli ergonomický měřicí systém práce byl vyvinut ve Spojených státech amerických pro poskytování komplexní, systematické a snadné použití pro posuzování pracovišť a ergonomických rizikových faktorů na nich. EJMS je jedním z nejjednodušších ergonomických metod, které může provádět i méně zdatný pracovník se základními znalostmi o hodnocení rizik. Taktéž je bez problémů využitelný v terénu.

Formulář EJMS usnadňuje proces, který umožňuje pracovníkům pověřeným k danému pozorování vyhodnotit, navrhnout a realizovat příslušné ergonomické řešení na snížení muskuloskeletálních rizik pro operátora na pracovišti. Přesné bodování úkonů bylo opakovaně prokázáno během třech let testování v terénu v celé řadě průmyslových odvětví (například výroba léčiv, sklady, petrochemický průmysl, lékařské výrobní zařízení, kovovýroba, elektrovýroba). Dramaticky byly sníženy četnosti a závažnosti pracovních úrazů a nemocí z povolání. I když žádný z ergonomických hodnocení nezahrnuje úplně všechny pozice, rizika, EJMS může sloužit jako základní kámen ergonomických programů zaměřených na danou problematiku.<sup>[8]</sup>

#### 3.4.1 Princip

Cílem tohoto systému je identifikovat a vyhodnotit hrozby a rizika na pohybový aparát zaměstnance. Je to nástroj, u kterého nejsou vyžadovány žádné výpočty nebo rozsáhlé počítačové modelování.

Formulář začíná informativní hlavičkou, která identifikuje práci nebo úkol, počet pracovníků, kteří vykonávají dané úkony a úkony specifické (například počet hodin za směnu, počet pracovních dní v měsíci, kdy je úkon vykonáván, systém práce ve skutečnosti). Pole oddělení a identifikace je nastavena pro ty, kteří vykonávají měření ve firmě, pro jednodušší budoucí dohledatelnost pracoviště.

Návod EJMS byl vyvinut s cílem poskytnout číselné pořadí pro pomoc hodnotiteli vypočítat konzistentní EJMS skóre. Pokyny rovněž zahrnují posouzení technologie a priorit managementu systému, jenž je základem pro samotnou realizaci nákladově efektivních ergonomických řešení.<sup>[8]</sup>

### 3.4.2 Použití metody

#### Hodnocení repetitivní pohybové a nepřírozené polohy

EJMS je dvoustránkový formulář, který představuje dva samostatné hodnotící úseky. První formulář řeší opakující se pohyby a nepřírozenou polohu. Příklady těchto podmínek jsou znázorněny na obecném obraze toho, co bude vyhodnocováno. Vedle každého pohybu a držení těla jsou k dispozici sloupčky pro záznam skóre síly a frekvence.

Skórovací matrice síly a frekvence byla vyvinuta na základě ověřování v předchozích třech letech polních pokusů v nejrůznějších průmyslových odvětvích špičkové technologie a služeb. Úkolu, který vyžaduje malou sílu a frekvenci bylo přiřazeno skóre nula bodů, zatímco úkol s velkou silou a vysokou frekvencí získal 20 bodů. [8]

#### Hodnocení ručního zvedání

Druhý formulář je tvořen hodnocením zvedacích úkonů. Hodnotitel zvažuje osm faktorů, a to hmotnost nákladu, počáteční pozici SLP od centrální přímky těla, počáteční výšku SLH nad či pod pasem, změnu výšky při zvedání, četnost zvedání za jednotku času, natočení těla ve stupních, pohodlnost úchopu předmětu a délku nesení. Prvních sedm prvků je převzato z revidované ergonomické metody NIOSH, což je vyhodnocení zvedacího indexu. Metabolická komponenta vzdálenosti přesunu se zatížením byla přidána pro záznam únavy tímto vyvolané.

Skóre 1, 5, 10, 20 nebo 30 bodů je přímo přiřazeno ke každému zvedacímu faktoru bez potřeb grafů nebo numerických interpretací. Jakmile se určí skóre pro každý faktor, jednotlivá skóre se sečtou a dostaneme výslednou hodnotu muskuloskeletálního rizika. [8]

### 3.4.3 Postup krok po kroku

Pro stanovení konečného ergonomického rizika a priorit jsou provedeny následující 4 kroky:

1. Formulář první: Součet zapsaného skóre zvoleného z matrice síly a frekvence ke každé komponentě pohybu. Tento výsledek je zapsán do kolonky ve spodní části formuláře.
2. Formulář druhý: Součet zapsaného skóre zvoleného z výchozího horního řádku přiřazovaných bodů ke každé komponentě pohybu. Tento výsledek je zapsán do kolonky ve spodní části formuláře.




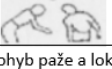

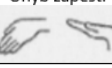
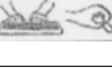

3. V hlavičce formuláře v kolonce „Rotace při práci“ možno přičíst 20 bodů při práci v rotaci.
4. Zapsání výsledných hodnot z obou formulářů do vyhodnocovací hlavičky prvního formuláře a zvolení daného rizika.

Celkové rizikové skóre vyšší než 85 bodů je klasifikováno jako úkon vysoce rizikový.

Celkové rizikové skóre mezi 45 a 84 body je jako úkon středně rizikový.

Celkové rizikové skóre mezi nulou a 44 body je klasifikováno jako úkon s nízkým rizikem. [8]

### 3.4.4 Ergonomické EJMS listy

	Volba skóre nebezpečí		I	II
Riziko	Větší než 85 = vysoké 45 až 85 = střední 44 a méně = nízké			
Úkol úlohy/směny				
Hodin za směnu				
Oddělení				
Část I	Velká síla, špatné držení těla	Malá síla, dobré držení těla	Velká frekvence	Nízká frekvence
Ohyb krku a ramene 	Plně ohnutá nebo zakloněný krk Extrémní rozpažení nebo paže za tělem Extrémní uchopovací námaha	Nepatrné ohnutí zad do 5°, a snadné rozpažení ramen v přední části těla Malá námaha pohyby tam/zpět ramenem, paží	Opakované ohnutí či rotace zad, sahání nad úroveň ramen, nebo zapažení za tělo >15/min, časté tam/zpět pohyby	Výjimečné ohnutí či rotace zad, sahání nad úroveň ramen, nebo zapažení za tělo <2/min, <1/min tam/zpět pohyby
Předklon, úklon 	Otočení v limitu >60°, záklon >30° nebo předklon >60° Extrémní uchopovací námaha	Nepatrné otočení/ohnutí <10°, Malá námaha pohyby tam/zpět s optimálním držením zad	Pohyb horní poloviny těla vede k vysokému podílu ohýbání trupu	Výjimečný předklon, záklon či otočení – 2x a méně za minutu
Pohyb paže a lokte 	Velké otočení předloktí, a/nebo velké pohyby paže s pevným loktem (šroubování ventilu) Vysoké vibrace, trhnutí (pistole)	Lehký pohyb ramene, malé úsilí vynaložené předloktím, Žádné vibrace do rukou, Žádné výrazné napětí v rameni	Konstantní opakující se natažení nebo rotace předloktí, rychlé pohyby paže s fixovaným loktem, silné vibrace do rukou >2h/směna	Výjimečné sahání ramenem nebo rotace předloktí 2/min, výjimečné používání elektrického nářadí, <15/směna
Ohyb zápěstí 	Vysoké vibrace do zápěstí Plné ohnutí či vyhnutí zápěstí s působením velké síly	Lehké ohnutí do 5° bez složitého úchopu břemene Žádné vibrace	Stálý či hodně častý ohyb zápěstí – více než 30 ohnutí za minutu	Výjimečný ohyb zápěstí – 5x a méně za minutu
Pohyb ruky a prstů 	Nepohodlné pozice prstů, vysoká potřeba síly, mačkání tlačítek	Mírný ohyb prstů vyžadující minimální uchopovací úsilí	Opakované uchopení objektů >20/min nebo opakované ohnutí prstů	Výjimečný pohyby prstů a palce, uchopení objektů <5/min
Koleno a kotník 	Dlouhé nepohodlné dřepění, klečení Uchopovací námaha se špatným postojem	Klečení a dřepění krátkou dobu s pohodlným držením nohou	Časté klečení, dřepění Vycházení schodiště každou hodinu	Výjimečné klečení, dřepění, vycházení schodů – 2x až 3x za směnu

Obrázek 9 – Vzorová část EJMS listu

## 4. Školení pracovníků

Mnoho společností s rostoucím počtem pracovníků je čím dál více nuceno řešit rostoucí problémy s poraněním, počty ztrátových dnů z důvodu pracovních neschopností operátorů a rostoucích nákladů za nápravná opatření spojené s muskuloskeletálním onemocněním. Tyto společnosti mají v rámci závodu velký rozsah členů z různých oborů, což však znamená, že ergonomie je často mimo běžný rozsah jejich znalostí a pracovních povinností. V důsledku toho mohou postrádat dovednosti, znalosti a zkušenosti potřebné k efektivnímu řešení ergonomických problémů.

Často je základním problémem, kterému tým čelí, jak posuzovat ergonomické rizikové faktory. Pro člověka, který nemá s touto problematikou dostatečné zkušenosti, je obtížné určit, zda se při aktivní ruční manipulaci s materiálem vyskytuje přítomnost vysokého, středního nebo nízkého rizika poškození pohybového aparátu. Ještě obtížnější se stává vyjádření výsledné informace o daném pozorování, která bude mít přímý vliv při ergonomickém rozhodování na budoucí snižování rizik. Chybí zde hlavně odborné proškolení zaměstnanců nebo do něj firmy nejsou ochotny investovat.

Zaškolení pracovníků obecně není úplně jednoduché. Každý jedinec má jiný „cit“ k vyhodnocování rizik. Kdyby vyhodnocení prováděl pouze jeden člověk, je zde pravděpodobné riziko, že bude zkresleno jeho pocity z dané pozorované práce. To by mohlo vést k neadekvátnímu budoucímu nápravnému řešení, při kterém by firma investovala do jiných pomocných zařízení, než by bylo skutečně potřeba.<sup>[8]</sup>

### 4.1 Příklad postupu školení pracovníků

Školení pro pracovníky firmy vedou certifikovaní ergonomové – specialisté na danou problematiku. Ve firmě je vybráno mezi šesti až deseti členy zaměstnanců z řad managementu, výrobních manažerů, inženýrů, bezpečnostních profesionálů, zástupců pro správu.

Školení začíná jednodenním úvodním zasedáním, kdy jsou všichni zúčastnění rozděleni do týmů po dvou až třech lidech. Těm jsou poskytnuty videa pro opakované pozorování určité problematické části výroby a pohybů operátora. Rovněž jsou zadány výrobní údaje včetně hmotnosti a rozměrů břemene, výrobního taktu, výšek manipulace, vzdáleností od těla a jiné. Každý si zde zatím jako jednotlivec vyzkouší vyhodnocení rizika pomocí několika ergonomických metod bez pomoci okolí.

Druhý den proběhne opětovné zasedání, kdy všichni zúčastnění dokončí svá vyhodnocení z předchozího dne. Následuje diskuze nyní už všech členů týmů o jednotlivých kritických bodech a obavách ve snaze dosáhnout vyšší úrovně úspěchu v přesnosti hodnocení rizik.

Toto školení je navrženo tak, aby zajistilo budoucí shodu mezi členy týmu v identifikaci, kvantifikaci a kontrole rizikových faktorů poškození pohybového aparátu. Tímto vzniká možnost provádět pozorování a vyhodnocení samostatně, individuálně, s relativně malým rizikem rozptylu výsledků.

Mnohdy firmy volí možnost takzvaného outsourcingu, což znamená, že firma vyčlení různé podpůrné a vedlejší činnosti a svěří je smluvně jiné společnosti specializované na příslušnou činnost. Zde se jedná právě o využití služeb odborných ergonomických institucí, které se zabývají pouze danou problematikou. Pozorování a vyhodnocení provádí daný specialista, který v případě navrhuje další postupy a možnosti řešení. [8]

## 5. Rozdělení metod dle vhodnosti použití

Každá ergonomická metoda bere v úvahu určité pohyby. Ne všechny však započítávají ty stejné. Jak můžeme vidět v tabulce 1, například ergonomická metoda KIM jako jediná bere v úvahu sunutí, tažení, tlačení a nošení břemene stejně jako EJMS jediná zohledňuje pozici prstů při mačkání nebo pohyby očí.

*Tabulka 1 – Vhodnosti použití metod*

Erg. metoda	OWAS	RULA	KIM	EJMS
Druh pohybu				
Chůze	•		•	•
Stání	•		•	•
Natahování	•	•	•	•
Mačkání				•
Pohyb očí				•
Předklon, záklon	•	•	•	•
Úklon	•	•	•	•
Sezení	•			•
Dřepění	•		•	•
Klečení	•			•
Zvedání	•	•	•	•
Sunutí			•	
Tažení, tlačení			•	
Nošení			•	

Jednotlivé metody nachází své využití v rozdílných průmyslech. Zatímco ergonomická metoda KIM je z výše zmíněných vhodná do dopravního a logistického průmyslu, metoda RULA najde své využití zvláště na montážních linkách, kde operátor namáhá nejvíce vrchní polovinu například při stání u průběžného dopravníku. Metody OWAS a EJMS jsou dobře použitelné ve všech odvětvích průmyslu, kde operátor zaujímá stacionární polohu, respektive nemění při manipulaci svou pozici na pracovišti.

## 6. Popis analyzovaného pracoviště

Diplomová práce byla vypracována v oddělení brusírny na stroji s označením A0, který je jedním z šesti brusných strojů. Jedná se o starší provedení stroje bez jakékoliv automatizace.

Vstupní polotovary tvořící jednotlivé ložiskové kroužky jsou dodávány do zásobníku stroje pomocí dvou metod. Jednou z nich je dovezení takzvaných van na elektrickém paletovém vozíku, na němž je vana umístěna do překlápěcího elementu u zásobníku stroje a vysypávání je realizováno strojně pomocí hydraulického pohonu. Zde odpadávají jakákoliv muskuloskeletální rizika pro operátora stroje. Druhá metoda sestává z dovezení vozíku s pěti na sobě naskládanými SCHÄFER přepravkami. Operátor si přizvedne překlápěcí element do potřebné výšky a přepravky vysypává ručně. Zde nastává jeden z problematických úseků pracoviště s vysokým rizikem pro zdraví operátora. Prázdné přepravky následně přesunuje k výstupu ze stroje.

Pomocí korečkového dopravníku jsou kroužky následně unášeny do vibračního podavače, kde se kroužky uspořádají do správné polohy pro vstup do brusné části stroje. Při seřizování na jiné typy kroužků musí operátor měnit vibrační podavač i podávací kolo uvnitř stroje pomocí stávajícího staršího jeřábu. Během broušení musí operátor odebírat z výstupní cesty ze stroje náhodné kroužky, které následně měří, jestli splňují požadovanou přesnost, či je potřeba přiblížit brusné válce, které se s každým kroužkem opotřebovávají.

Kroužky se brousí nadvakrát. Poprvé vystupují ze stroje pomocí korečkového dopravníku do vany, která je následně znovu odvezena do překlápěcího elementu, podruhé se kroužky brousí na čisto do SCHÄFER přepravek, které jsou umístěny na válečkovém dopravníku. Operátor musí obcházet celý stroj a skládat ručně přepravky zpět na vozík. Následně vozík odtlačí na exportní místo.



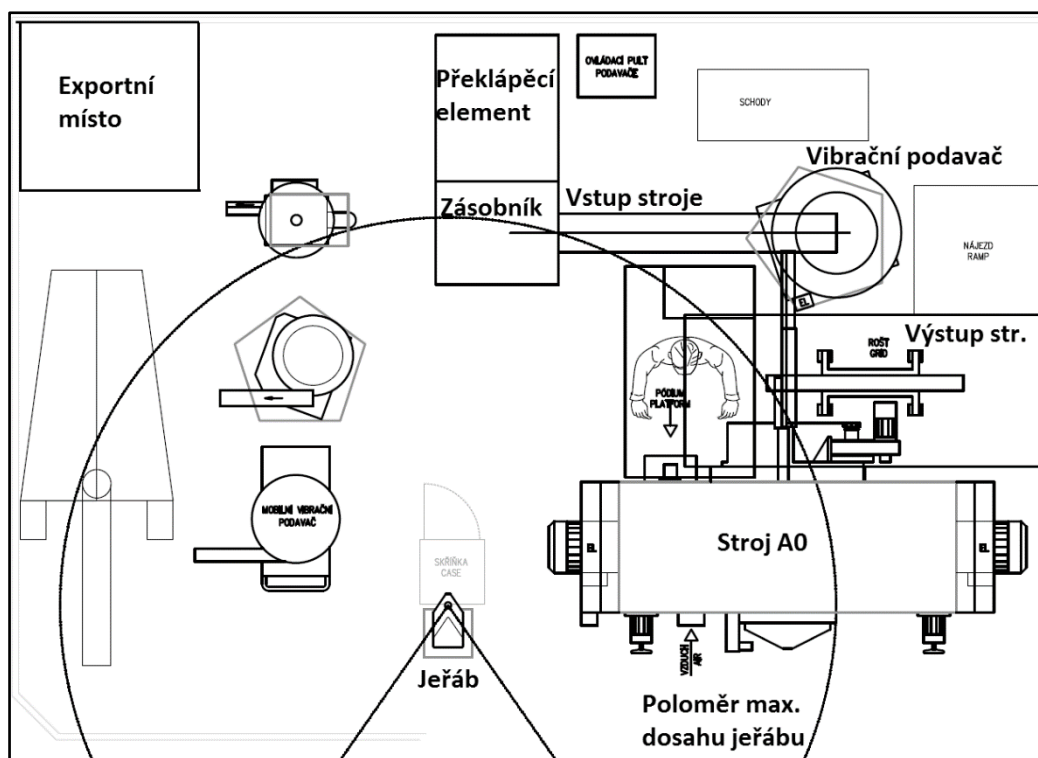
*Obrázek 10 – Vana*



*Obrázek 11 – SCHÄFER přepravka*



Obrázek 12 – Pracoviště stroje A0



Obrázek 13 – Vizualizace prostorového uspořádání

## 7. Činnosti na pracovišti

Operátor na pracovišti vykonává spoustu pohybů. Pozorováním pracoviště společně s komunikací s obsluhami stroje jsem vytyčil pět nejnebezpečnějších a nejnáročnějších pohybů pro operátora.

Jedná se o dva základní pohyby s nejvyšším rizikem na muskuloskeletální aparát: vysypávání plných SCHÄFER přepravek do zásobníku stroje a následné opětovné odebrání plných přepravek a skládání na kolový podvozek vozíku z válečkového dopravníku, tj. od výstupu ze stroje. Dále se jedná o levostranné ohyby ke korečkovému dopravníku u výstupu ze stroje, kdy operátor odebírá zhruba každou minutu broušený ložiskový kroužek na kontrolu přesnosti. Četnost ohybu se zvyšuje při seřizování stroje po přechodu na jinou zakázku, zde může dosáhnout i jednoho ohybu co deset až patnáct sekund.

Do rizikových pohybů jsem začlenil i manipulaci s prázdnými SCHÄFER přeprávkami, kdy je operátor přesunuje od zásobníku stroje k jeho výstupu na válečkový dopravník a moment, kdy obsluha tlačí vozík plně naložený SCHÄFER přeprávkami od výstupního dopravníku k odbavovacímu místu. Zde je vozík převzat dílenským zavážecím vláčkem.

Ke zdokumentování jsem použil svinovací metr, rovněž jsem každý pohyb zaznamenal fotografií a celkový průběh natočil jako video, které mohu pozastavit v jakémkoliv momentu pro přesnost vyhodnocení.

Fotky a videa pracoviště viz. Příloha A.

### 7.1 Výsyp plných SCHÄFER přepravek do zásobníku stroje

Četnost: 80 – krát za směnu.

Váha: 30 kg.

Počet přepravek na jednom vozíku – max. 5.

Výška hrany zásobníku při výsypu – 80 cm.

## **7.2 Odebírání a následné skládání plných SCHÄFER přepravek z výstupního válečkového dopravníku na vozík**

Četnost: 80 – krát za směnu.

Váha: 30 kg.

Počet přepravek na jednom vozíku – max. 5.

Výška válečkového dopravníku, ze kterého jsou přepravky odebírány – 50 cm.

## **7.3 Ohýbání se pro ložiskové kroužky na měření přesnosti**

Četnost: 1 – krát za minutu.

Váha: zanedbatelná.

Výška korečkového dopravníku, ze kterého jsou kroužky odebírány – 40 cm.

Výška umístění měřicího zařízení – 160 cm.

## **7.4 Manipulace s prázdnými SCHÄFER přepravkami od vstupu k výstupu ze stroje**

Četnost: 80 – krát za směnu.

Váha: 3 kg.

Počet přepravek na jednom vozíku – max. 5.

Výška válečkového dopravníku, na který jsou přepravky skládány – 50 cm.

## **7.5 Tlačení plného vozíku od výstupního místa ze stroje k odbavovací ploše**

Četnost: 16 – krát za směnu.

Váha: 150 kg – 300 kg (dle počtu tlačенých vozíků).

Počet přepravek na jednom vozíku – max. 5.

Délka úseku, po kterém operátor tlačí vozík – 10 m.





*Obrázek 14 – Skládání  
přepravek na vozík*



*Obrázek 15 – Ohyb  
pro kroužky*



*Obrázek 16 – Tlačení  
vozíku*

## 7.6 Snímek pracovního dne

Po dobu 5 pracovních dnů jsem provedl celkové pozorování pracoviště v délce trvání 8 hodin. Uvážil jsem potřebu pozorovacího snímku pracovního dne jednotlivce dle vhodné metody. Jedná se o organizační analýzu, která se snaží odhalit nedostatky pracovního procesu a zohledňuje veškeré vykonávané pracovní činnosti.

Nejprve jsem si připravil podklady, tabulkově určil, na co se vlastně snímek bude zaměřovat. Šlo o výpisy prováděných činností, jejich začátku a konce, datum, místo měření, poznámky a jiné.

Vlastní měření probíhalo zapisováním prováděných úkonů v aktuálních časech s veškerými informacemi, které se k nim vztahují.

Vyhodnocením jsem dosáhl zjištění minutových podílů činností a skutečnou bilanci vyjadřující jednotlivou spotřebu času.

Pro vypracování mé diplomové práce mne nejvíce zajímaly časové úseky manipulace se SCHÄFER přepravkami a polotovary, které jsem dále porovnával s časovou náročností manipulace již za pomoci odlehčovacích pomocných zařízení.

*Tabulka 2 – Časy ruční manipulace*

Vozík	Počet přepravek na vozíku	Čas ruční manipulace
1	5	0:01:38
2	5	0:01:36
3	5	0:01:51
Výsledný čas		0:05:05

## 8. Ergonomické měření

Při každém měření jsem provedl vlastní pozorování pohybů operátora dle foto a video záznamů a postupně zapisoval příslušné číselné hodnoty do ergonomických listů čtyř ergonomických metod (OWAS, RULA, KIM, EJMS), které jsem podrobně popsal v teoretické části diplomové práce.

Z důvodu rozsahu ergonomických listů bodování viz. Příloha B.

Pro každou jednotlivou metodu uvádím v grafu konečný výsledek rizika na pohybový aparát operátora, při již zmiňovaných nejrizikovějších pohybech.

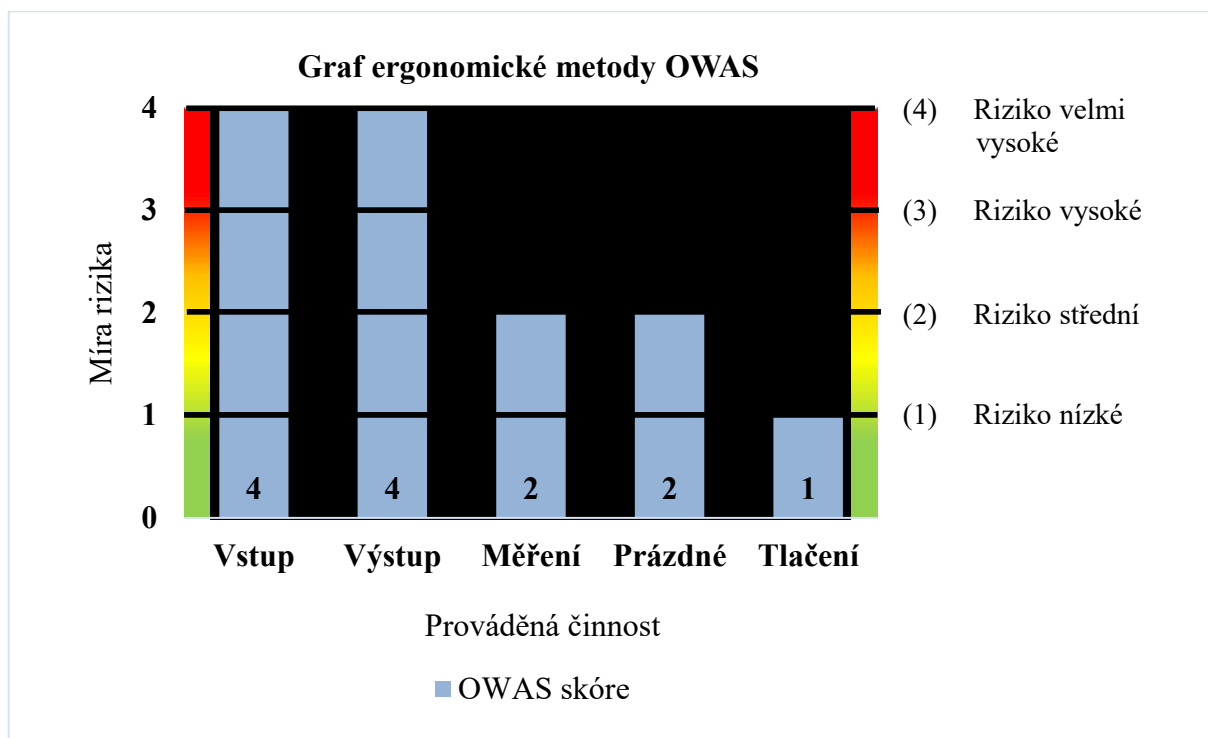
Vzhledem k přehlednému uspořádání grafu uvádím popisky jednotlivých činností operátora na vodorovné ose ve zkratkách, které uvádím níže v tabulce 3.

*Tabulka 3 – Zkratky*

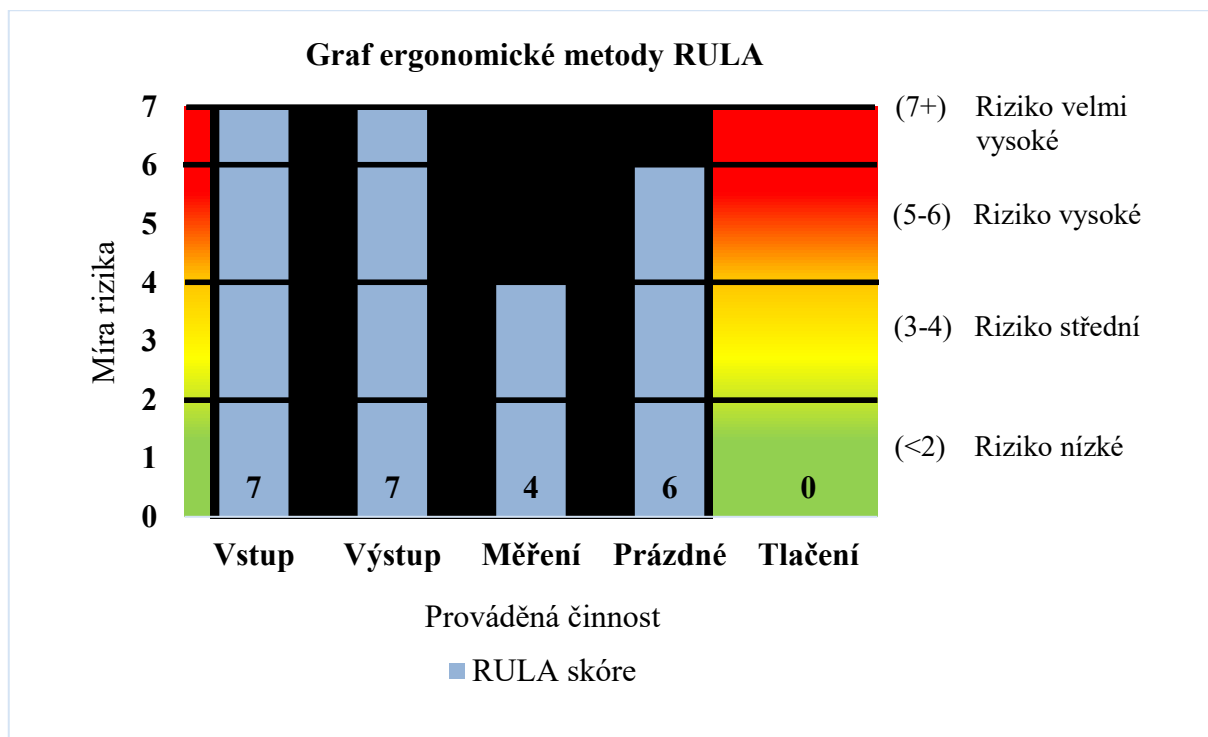
Prováděná činnost	Zkratka
Výsyp plných SCHÄFER přepravek do zásobníku stroje	Vstup
Odebírání a následné skládání plných SCHÄFER přepravek z výstupního válečkového dopravníku na vozík	Výstup
Ohýbání se pro ložiskové kroužky na měření přesnosti	Měření
Manipulace s prázdnými SCHÄFER přepravkami od vstupu k výstupu ze stroje	Prázdné
Tlačení plného vozíku od výstupního místa ze stroje k odbavovací ploše	Tlačení

## 9. Vyhodnocení počátečního měření

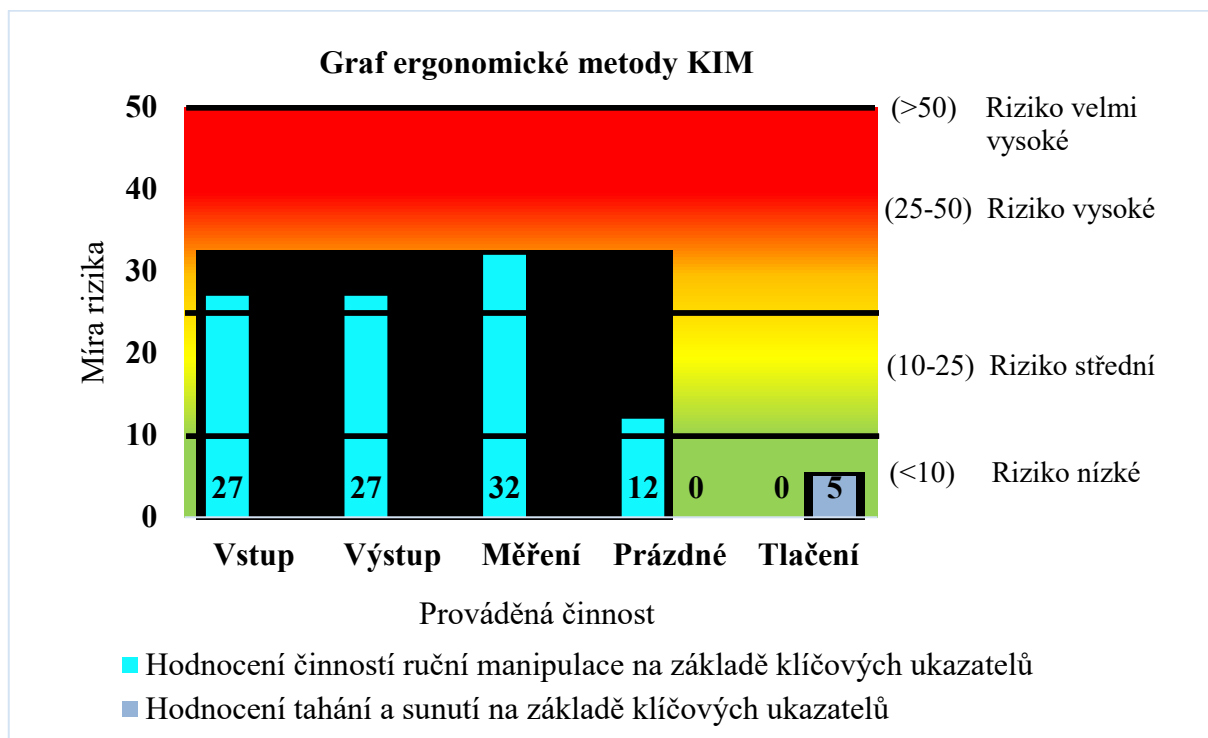
Graf 1 – Riziko dle OWAS



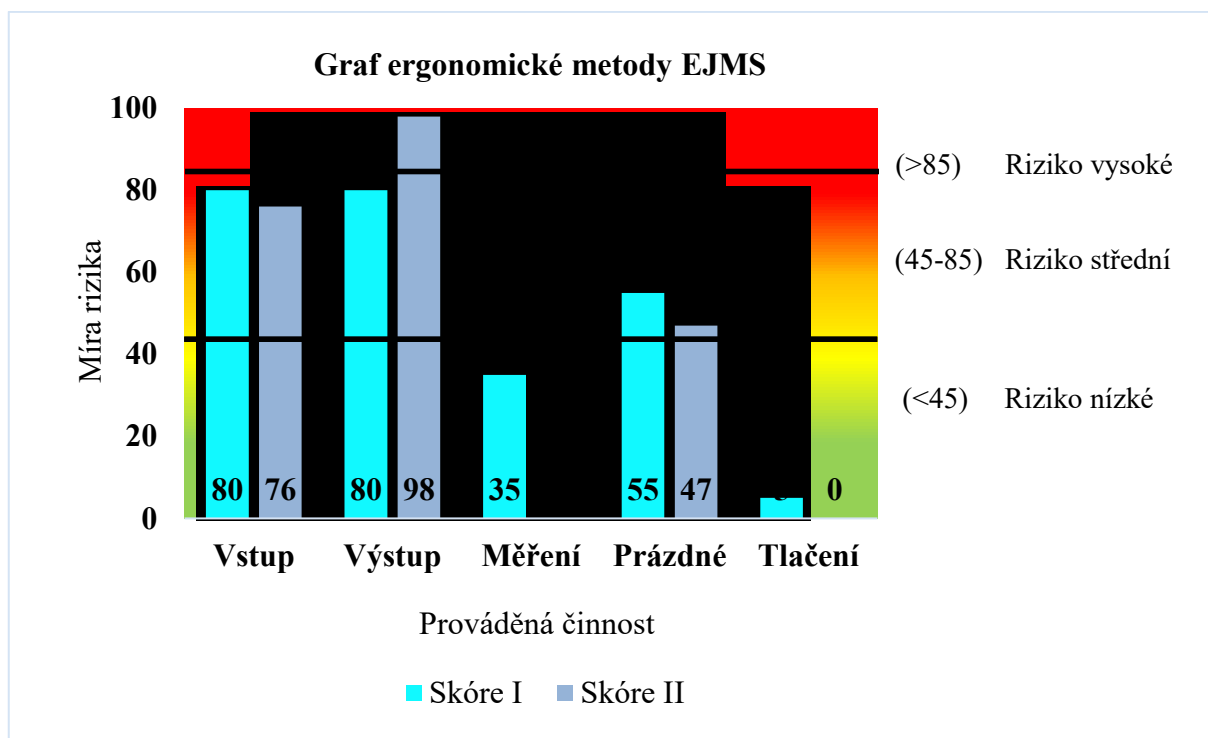
Graf 2 – Riziko dle RULA



Graf 3 – Riziko dle KIM



Graf 4 – Riziko dle EJMS



## 9.1 Diskuze výsledků

Z grafu je patrné, že jednotlivá vyhodnocení jsou označena číslem nula, což znamená, že daná metoda či její část tento druh pohybu nebere v úvahu.

Ergonomické metody se ve výsledku shodují na dvou nejkritičtějších pohybech nacházejících se již na hranici červeného pole či přímo v něm. Tyto dva pohyby s plnými přepravkami ložiskových kroužků jsou pro operátora extrémně rizikové a ten je vystaven po uplynutí neznámé doby muskuloskeletálnímu onemocnění. Nejvíce namáhána je vrchní polovina zad, taktéž i bederní oblast. Vzhledem k neergonomickému madlu přepravky dochází k „řezání“ do dlaně a prstů ruky.

Stěžejní úlohou se nyní stává řešení odběru plné přepravky z vozíku do zásobníku stroje a následné odebrání plných přepravek a jejich opětovné skládání na vozík. Operátorovi by mělo být ulehčeno nejlépe speciálním přípravkem či přístrojem, který by sloužil jako odlehčovací zařízení při manipulaci s plnými přepravkami.

## 10. Návrh zařízení

Rozhodnutí, jaký systém odlehčení zvolit, bylo v počátku založeno na možnosti využití stávajících ploch bez větších změn. Tento systém by neměl být prostorově rozměrný, ve výsledku spíše překážející. Využili jsme existujícího sloupového jeřábu, který byl prozatím využíván pouze jako manipulační prostředek pro výměnu podávacích kol.

Nejlepší volbou se stal jednoduchý svařenec – balancer od společnosti TIGER s označením Traglast s omezenou nosností 100 kg, která je v našem případě naprosto dostačující. Břemeno bude mít maximální váhu cca 30 kg. (Obrázek 17)

Balancer je zavěšen na kočce jeřábu za polohovatelné oko, kterým se upravuje těžiště zařízení dle umístění břemene. Najetí pro SCHÄFER přepravku je realizováno dvěma ližinami s pojistnou záklopkou proti vyjetí přepravky. Vyklápění je založeno na otočení „volantem“, který je spojen přes náboj s ližinami a proti samovolnému otočení je zajištěn pojišťovacím výsuvným čepem. Jeřábová kočka je ovládána operátorem od balanceru pomocí ovládacího panelu zavěšeném na vodícím kabelu.



*Obrázek 17 – Balancer*

Taktéž by byla přínosná změna umístění konečného výstupu, kdy by pracovník ušetřil značný čas a obcházení kolem stroje. Uvažovaný výstup by se měl v budoucnosti nacházet na straně vstupu do stroje. (Vyhodnocení a Spaghetti Diagramy viz. Obrázek 19, 20, 21)

## 10.1 Použití balanceru na pracovišti

Při prvním použití balanceru jsem zaznamenával průběžné časy přemísťování SCHÄFER přepravek do zásobníku stroje a pozoroval schopnost operátora manipulovat s tímto odlehčovacím přípravkem. Celkově se rázově přemísťovaly tři vozíky, každý s maximálním dovoleným množstvím přepravek. U prvního a třetího vozíku jsem přesun zaznamenával s využitím stopek do tabulky časů. Manipulaci s přepravkami druhého vozíku jsem natáčel jako video.

Prvotní manipulace nebyla vůbec optimální. Nejvíce síly vynaložil operátor na zajetí ližin pod obrubu přepravky. Ty jsou s dlouhou existencí ve výrobě již poznamenány různými nepřesnostmi, ohnutými, ztrátou původního tvaru. Díky tomu přesně vyrobené ližiny měly občasný problém se dostat do cílové polohy. Při vysunování ližin z prázdné přepravky se naopak projevovala snaha vzpříčení a pro operátora bylo mnohdy velice náročné ji z balanceru dostat, což se podařilo až za použití trhavé síly či vykopnutí. Jedna přepravka byla pro balancer naprosto nevyhovující, nakonec ji musel operátor vysypat ručně.

Navrhl jsem řešení vyřadit nevyhovující poškozené přepravky a ližinám balanceru udělit na šířku větší vůli.

Největší problém však vznikl díky časové náročnosti přemístění, a to proti ručnímu výsypu se zvýšil o cca 12 minut. Vzhledem k výslednému času 16 minut 45 sekund je tato rychlost nepřijatelná, a to se bavíme pouze o výsypu polotovarů do zásobníku stroje. Kdybychom brali v úvahu ještě odebrání přepravek a umístění na vozík u výstupu ze stroje s propočtem na celou směnu, ztratili bychom čas jinak využitelný pro výrobu (tento pohyb není z důvodu dosahu jeřábové kočky možný).

Značná časová prodleva vzniká jak nevyhovujícími přepravkami, tak hlavně extrémně pomalým chodem jeřábové kočky. Fotky a videa pracoviště viz. Příloha C.

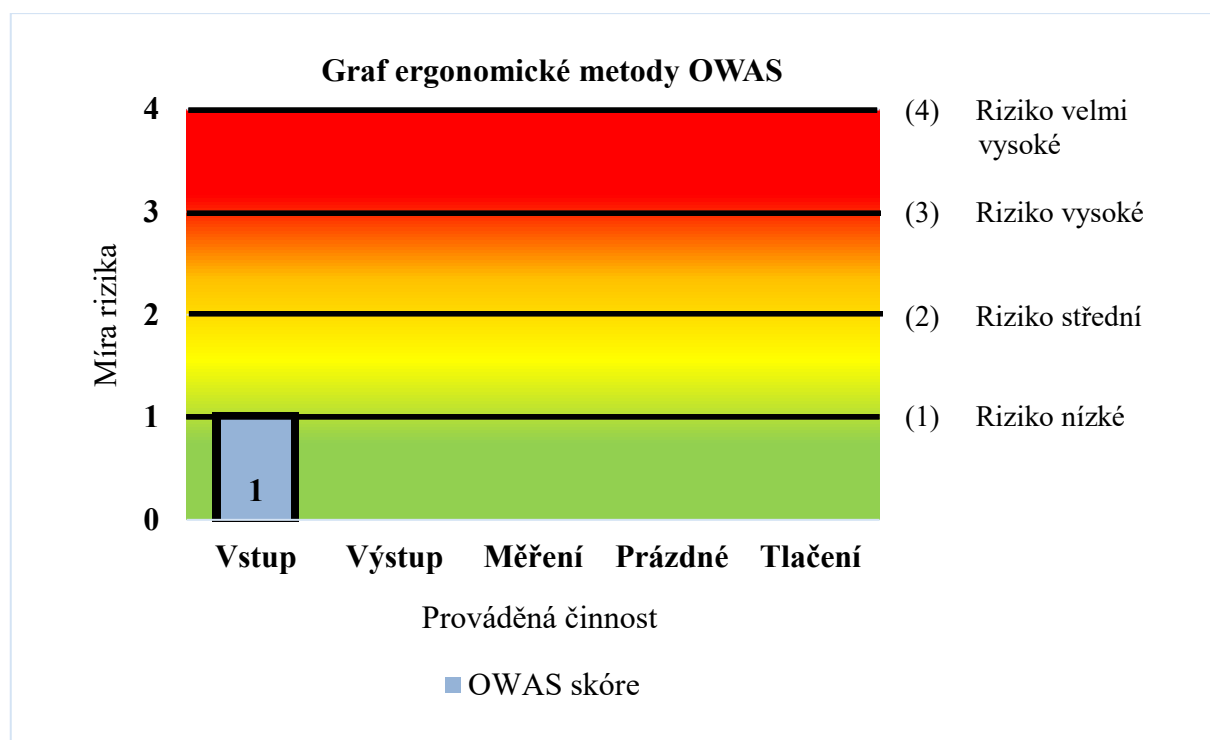
Ergonomické listy s použitím balanceru viz. Příloha D.

*Tabulka 4 – Časy manipulace*

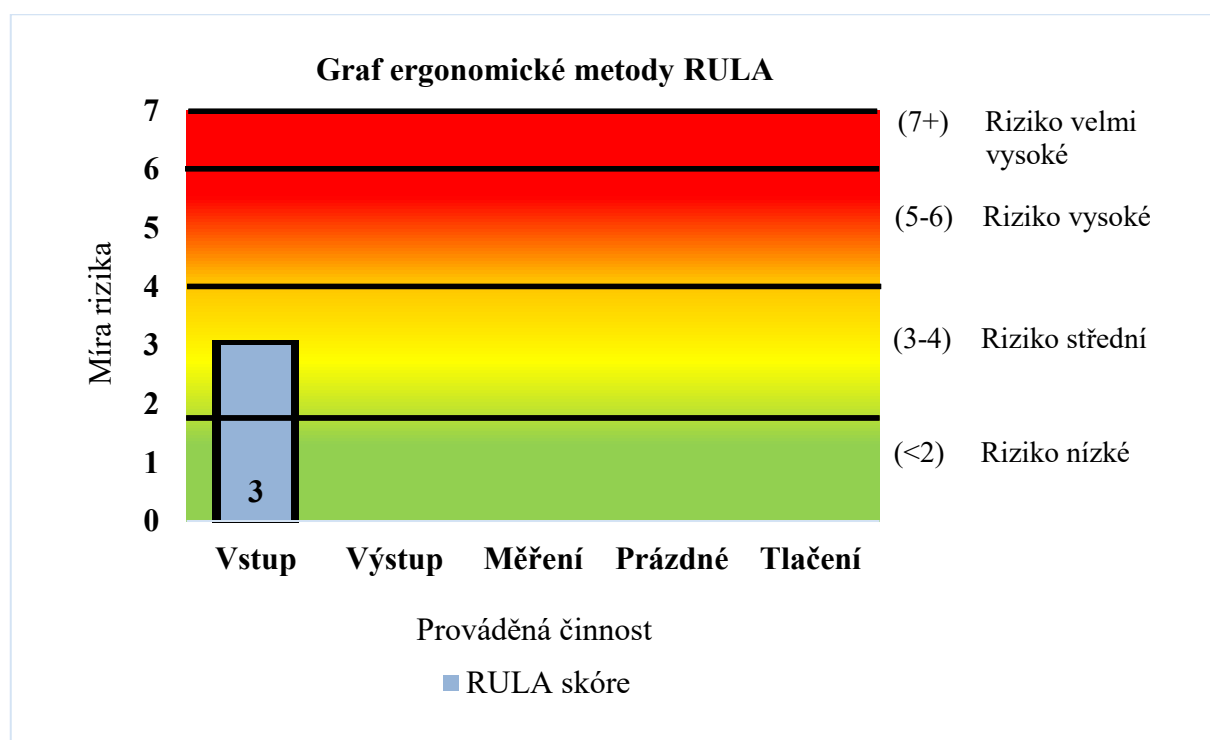
Vozík	Počet přepravek na vozíku	Čas manipulace s balancerem	Čas ruční manipulace
1	5	0:05:28	0:01:38
2	5	0:05:34	0:01:36
3	5	0:05:43	0:01:51
Výsledné časy		0:16:45	0:05:05

## 10.2 Vyhodnocení měření s balancerem

Graf 5 – Riziko dle OWAS

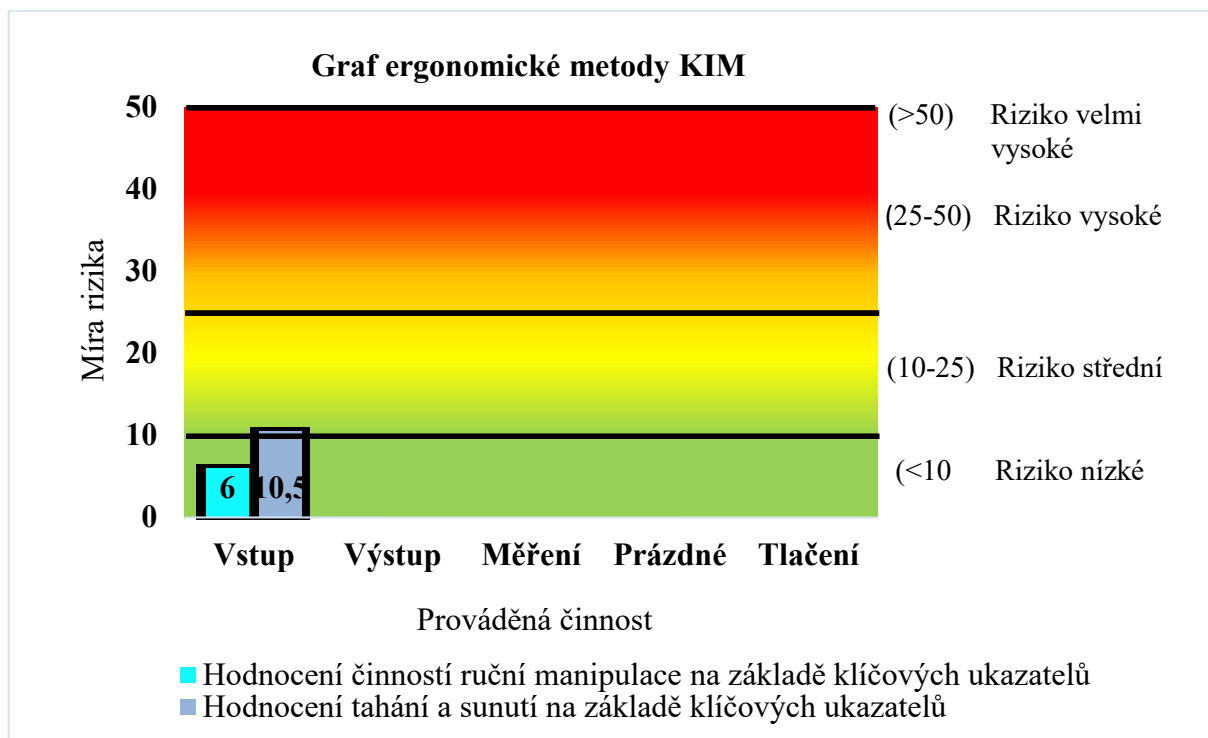


Graf 6 – Riziko dle RULA

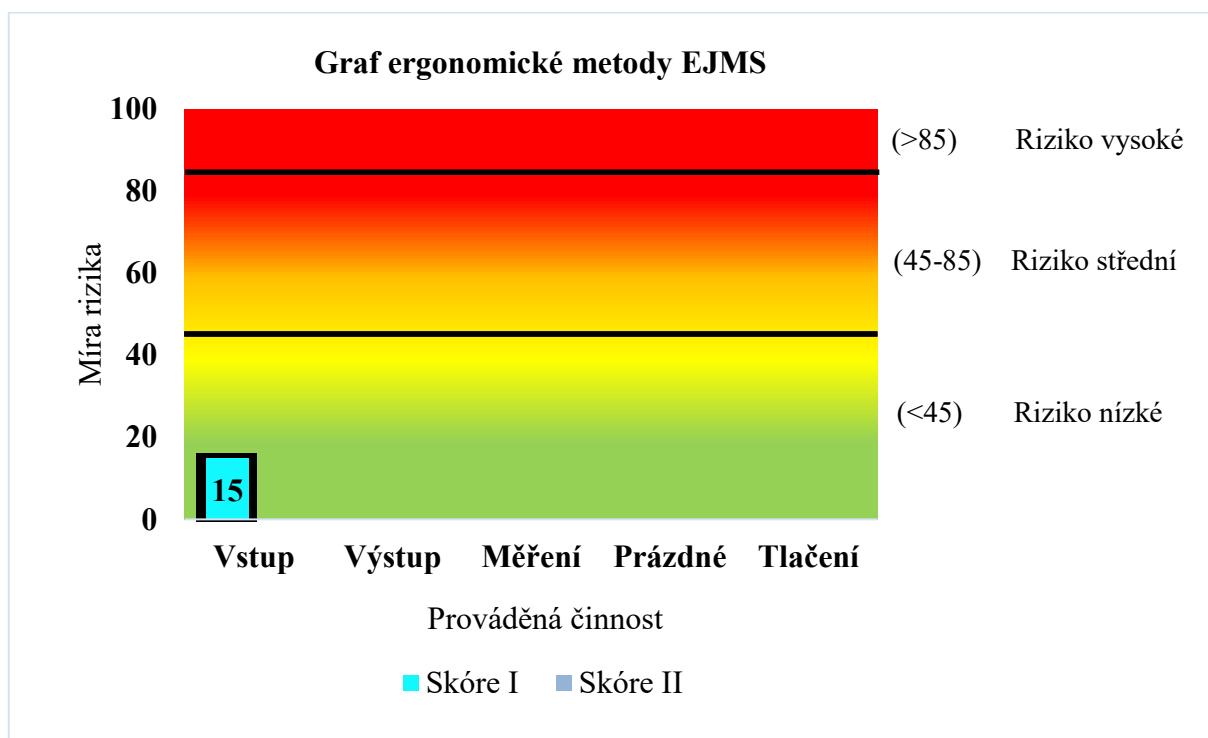




Graf 7 – Riziko dle KIM



Graf 8 – Riziko dle EJMS



### 10.3 Diskuze výsledků

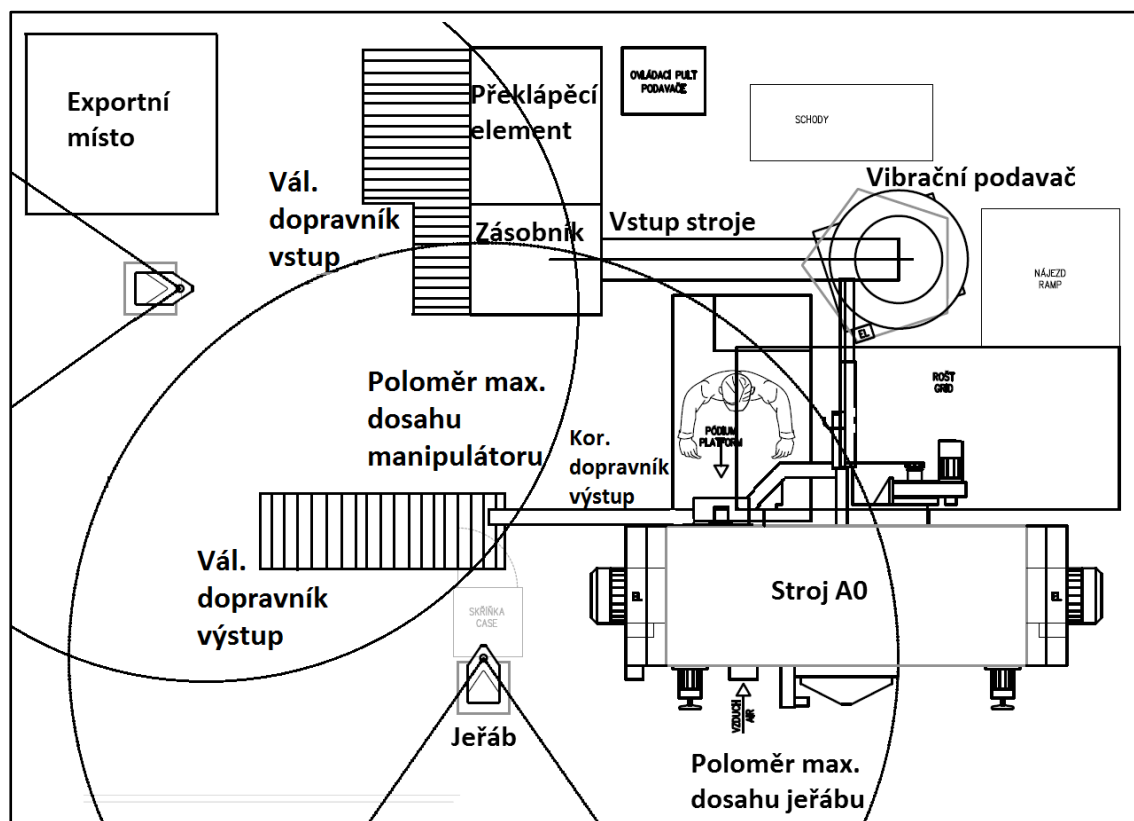
V grafech uvádím výsledek pouze pro měřenou veličinu, tj. manipulace u vstupu polotovarů do stroje. Vyhodnocení dopadlo velice kladně pro muskuloskeletální aparát operátora. Rizika díky použití balanceru značně klesla z nejvyššího po nejnižší (viz. Graf 5 až 8).

I přes snížené riziko poukazuji na budoucí výskyt možných bolestí zad, a to hlavně z důvodu předklonů při najíždění balanceru na spodní dvě až tři přepravky na vozíku a jejich opětovnému vracení. Taktéž při manipulaci s balancerem nad zásobníkem, dochází k nepřírozenému přetočení rukou a zápěstí.

Tyto rizika však považuji do určité míry za zanedbatelná, řešení bych navrhoval až v době zvýšení eventuálního taktu linky a s tím zvýšenou četností manipulace s přepravkami.

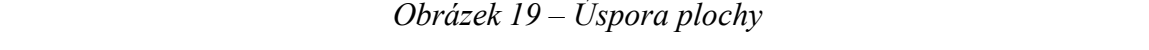
## 11. Změna vstupu/výstupu ze stroje

Vstupní a výstupní místa stroje nevyhovovaly novým požadavkům a plánům na využití nového manipulátoru se SCHÄFER přepravkami. Pracovníky firmy byly navrženy dva válečkové dopravníky a jeden korečkový. První válečkový dopravník, který se bude nacházet z boku vstupního zásobníku, bude plnit funkci zásoby SCHÄFER přepravek s polotovary. Operátor díky novému manipulačnímu zařízení všechny (5ks = 1 vozík) přesune na ložnou plochu a jednu po druhé překlopením vysype. Prázdné přepravky přemístí k druhému výstupnímu válečkovému dopravníku. Ten bude umístěn v prostorech nynějších vibračních podavačů, které budou přesunuty na jinou plochu. Sloužit bude jako zásoba prázdných SCHÄFER přepravek, do kterých budou pomocí korečkového dopravníku unášeny již broušené ložiskové kroužky. Po naplnění operátor přepravku posune po válečcích dále. V okamžiku plnosti všech přepravek odlehčovacím manipulátorem opět přepravky naskládá na vozík a odveze k exportnímu místu.



Obrázek 18 – Změna vstupu/výstupu

*Tabulka 5 – Úspory*





## 12. Návrh jeřábu

Na základě zjištění problému s rychlostí stávajícího sloupového jeřábu se začalo uvažovat nad jeho úplnou náhradou pro potřebné přemísťovací úkony jeřábem jiným v jiných místech pracoviště. Původní sloupový jeřáb by byl i nadále ponechán pro potřeby výměny podávacích kol.

Vzhledem k novým možnostem týkajících se změny vstupu/výstupu jsme v elektronickém plánu pracoviště zvolili polohu nového jeřábu, který by svojí pozicí nijak neomezoval bezpečný chod linky. Zároveň jsme díky tomuto stanovili potřebnou délku ramene, které by bylo dostatečně dlouhé pro obsluhu všech potřebných ploch pracoviště, v kterých dochází k manipulaci se SCHÄFER přepravkami. Stejně tak i předběžné další dostačující rozměry. Požadavky na kompletní odlehčovací zařízení jsou sepsány v následující tabulce 6. S těmito údaji bylo osloveno několik společností.

*Tabulka 6 – Požadavky zařízení*

Plánovaný rozpočet	430 000,- Kč
Nosnost odlehčovacího zařízení	100 kg
Manipulační rádius odlehčovacího zařízení	2,5 m
Výška odlehčovacího zařízení	2,5 m
Manipulační výška	1 m

Nabídky byly hodnoceny od následujících firem:

- SCAGLIA INDEVA s.p.a. Itálie
- BIBUS s.r.o. Brno
- KRÁLOVO POLE CRANES a.s. Brno

Cenový rozpis nabídek viz. Příloha E.

Jednotlivé nabídky byly pečlivě bodově hodnoceny pověřenými zaměstnanci firmy (viz. Tabulka 7). Body byly ukládány v rozmezí 5 b. až 15 b. Důležitost univerzality balanceru se hodnotí až 30 b. Taktéž jedna z oslovených firem BIBUS s.r.o. propůjčila mobilní odlehčovací jeřáb Mobicrane, díky němuž byl celý systém odzkoušen. Tento jeřáb je však bez balanceru, ani k němu balancer s kompenzací nekonstantní hmotnosti břemene neexistuje.

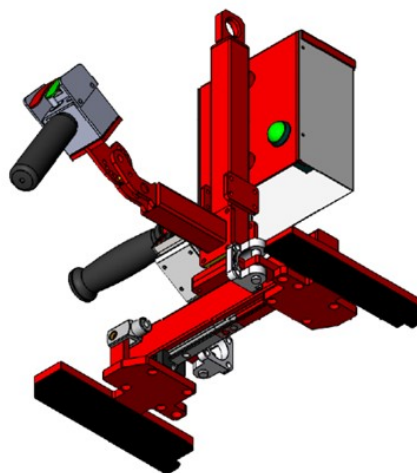
Proto je tato varianta od dodavatele BIBUS s.r.o. nevyhovující.

Firma KRÁLOVO POLE CRANES a.s. byla v nabídce samotného jeřábu na prvním místě v nejnižší nabídce. Taktéž navrhli balancer založen pouze na vzduchovém ovládání pro daný typ SCHÄFER přepravek. Nevýhodou je však cena balanceru s přípravkem, jenž není součástí jeřábu a je tedy specializovaný pouze na jeden typ břemene.

Díky těmto skutečnostem ani dodavatel KRÁLOVO POLE CRANES a.s. není vyhovující.



*Obrázek 22 – MOBICRANE*



*Obrázek 23 – BIBUS*

I přes vyšší cenovou nabídku vychází nejlépe jeřáb Lifetronic Easy od firmy SCAGLIA INDEVA s.p.a. Jedná se o balancer na manipulaci břemen jakéhokoli typu. Balanční zařízení je zabudováno ve vrchní části jeřábu. Zařízení stává univerzálním manipulátorem, jenž je schopen operovat s břemeny o různé hmotnosti (80 kg max), různých velikostí, tvarů a objemů – záleží pouze na uchopovacím přípravku, který bude zavěšen na jeřábové kočce.



Obrázek 24 – INDEVA

Tabulka 7 – Bodovací tabulka

Dodavatel	Cena v Kč	Zdvih v kg	Rádus v m	Cena balanceru	Univerzální balancer	Body
INDEVA	413 198,- 5b	80 10b	2,5 15b	54 871,- 10b	ANO 30b	70
KPC GROUP	375 620,- 10b	65 5b	2,5 15b	149 230,- 5b	NE 0b	35
BIBUS	327 910,- 15b	85 15b	2,5 15b	34 000,- 15b	NE 0b	60

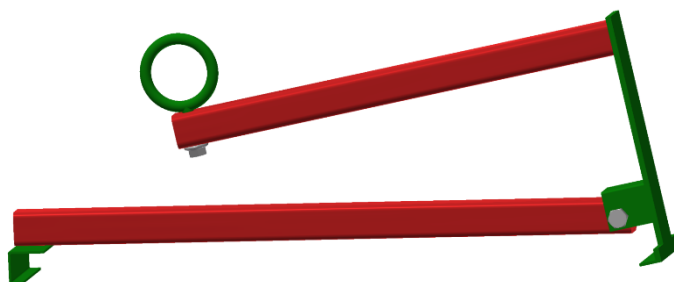
## 12.1 Manipulační kleštiny

I přes prvotní investici do manipulačního přípravku TRAGLAST vidím nyní v jeho konstrukci pro toto upravené pracoviště zbytečné prvky. Je větších rozměrů, pro operátora těžší na manipulaci s přepravkami na válečkový dopravník a na vozík. Taktéž již není třeba otočný element, přepravky jsou přemisťovány pouze horizontálně a vertikálně.

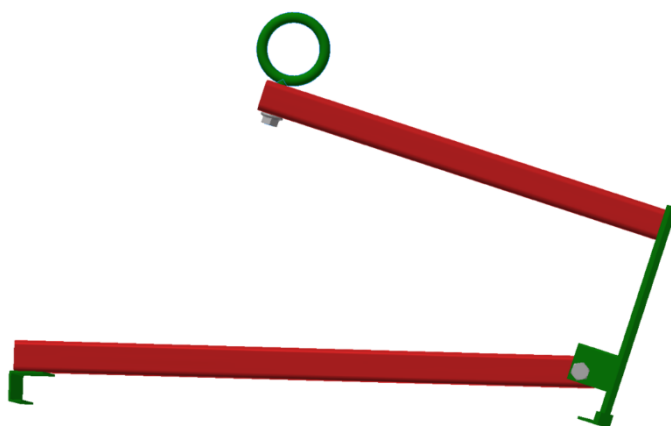
Navrhnul jsem jednoduchý manipulační prostředek jak na výrobu, tak i finančně nenáročný. Pro operátora snadný na používání díky své lehkosti. Uchycení je založeno na principu samosvorného sevření po založení první patky do obruby přepravky a následném zdvihu páky pomocí jeřábové kočky. Tím se druhá patka zasune pod obrubu na druhé straně a dojde ke zdvihu. Zábranu proti vyklouznutí přepravky tvoří zoubková úprava patek.



Tyto kleštiny jsou navrženy pro uchycení protilehlých delších stran přepravky. Při návrhu pro uchycení za strany širší by se dosáhlo celkových úspor na materiálu, financích a váze, nemuselo by však být dosaženo požadované rovnováhy při přepravě.



*Obrázek 25 – Kleštiny v otevřené poloze*



*Obrázek 26 – Kleštiny v sevřené poloze*

Pro zkušební manipulaci se SCHÄFER přepravkami pomocí jeřábu MOBICRANE byly použity taktéž samosvorné manipulační kleštiny jiného konstrukčního typu. Video viz. Příloha F.



*Obrázek 27 – Samosvorné kleště*

Z tohoto nápadu však bylo po konzultaci s pracovníky firmy upuštěno. V budoucnu by totiž docházelo k deformacím přepravek.

V rozpočtové tabulce 7 uvádím taktéž cenu za nový uchopovací přípravek TIGER TRAGLAST. Byl navržen nově pro tento typ manipulace se SCHÄFER přepravkami tak, aby se deformace eliminovala. Taktéž obsahuje sensitivní rukojeť.



*Obrázek 28 – Uchopovací přípravek TIGER TRAGLAST*

Jako u každého projektu na zlepšení procesů ve výrobě, i zde se očekává kromě snížení muskuloskeletálních rizik pro operátory pracující na stroji také návratnost nemalé investice do odlehčovacího zařízení. Tento hrubý propočet s výslednou návratností do 5 let uvádím níže v tabulce 8.

*Tabulka 8 – Návratnost investice v letech*

Finanční návratnost v letech	
Součet zisků plocha + chůze	88 000,- Kč
Cena zvoleného manipulátoru	413 198,- Kč
413 198,- Kč / 88 000,- Kč	
Náklady navraceny za 4,6 let	

# 13. ERGONOMICKÉ MĚŘENÍ POHYBŮ S MANIPULÁTOREM

Po úspěšné instalaci odlehčovacího zařízení Lifetronic Easy a seznámení operátora se správným používáním manipulátoru jsem provedl ergonomické měření. To sestávalo z video záznamu celkového koloběhu kroužků strojem, tzn.:

- Přemístění SCHÄFER přepravek s polotovary z vozíku na vstupní zásobovací válečkový dopravník.
- Vysypávání SCHÄFER přepravek s polotovary do zásobníku stroje.
- Přemístění SCHÄFER přepravek s již broušenými polotovary z výstupního válečkového dopravníku na vozík.

Z důvodu rozsahu ergonomických listů postup bodování viz. Příloha G.

Pro každou jednotlivou metodu uvádím v grafu konečný výsledek rizika na pohybový aparát operátora, při již zmiňovaných nejrizikovějších pohybech.

Vzhledem k přehlednému uspořádání grafu uvádím popisky jednotlivých činností operátora na vodorovné ose ve zkratkách, které uvádím níže v tabulce 9.

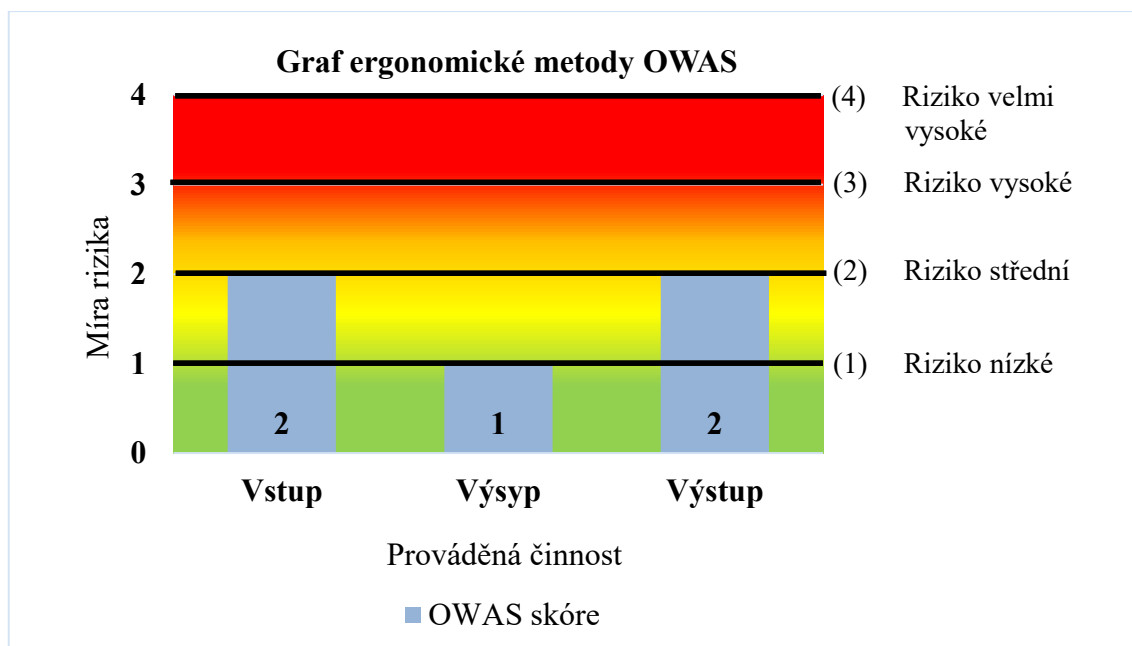
Video z pracoviště viz. Příloha H.

*Tabulka 9 – Zkratky měření s manipulátorem*

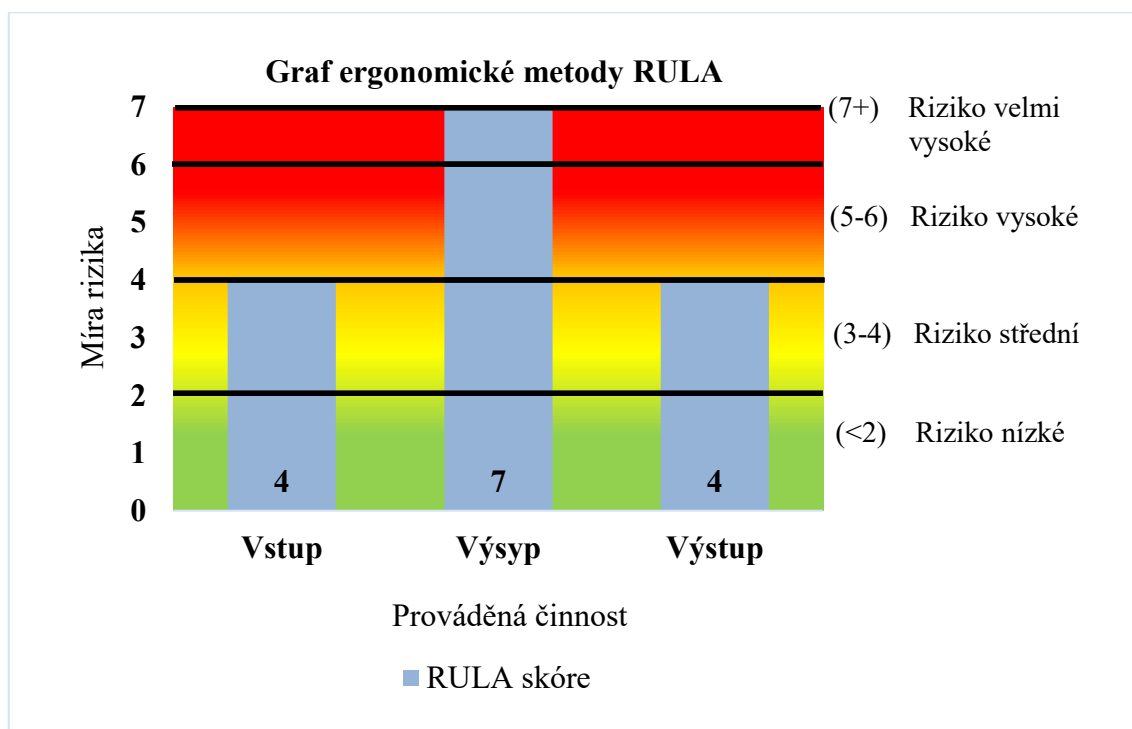
Prováděná činnost	Zkratka
Přemístění SCHÄFER přepravek s polotovary z vozíku na vstupní zásobovací válečkový dopravník	Vstup
Vysypávání SCHÄFER přepravek s polotovary do zásobníku stroje	Výsyp
Přemístění SCHÄFER přepravek s již broušenými polotovary z výstupního válečkového dopravníku na vozík	Výstup

## 13.1 Vyhodnocení měření s manipulátorem

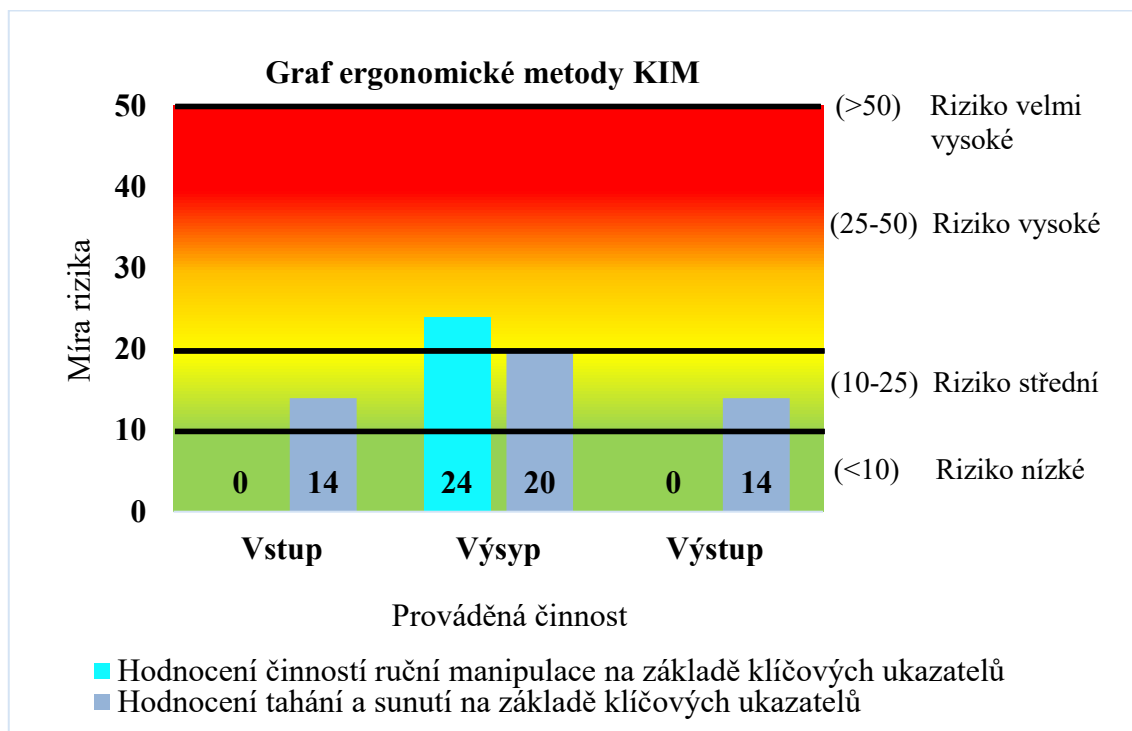
Graf 9 – Riziko dle OWAS



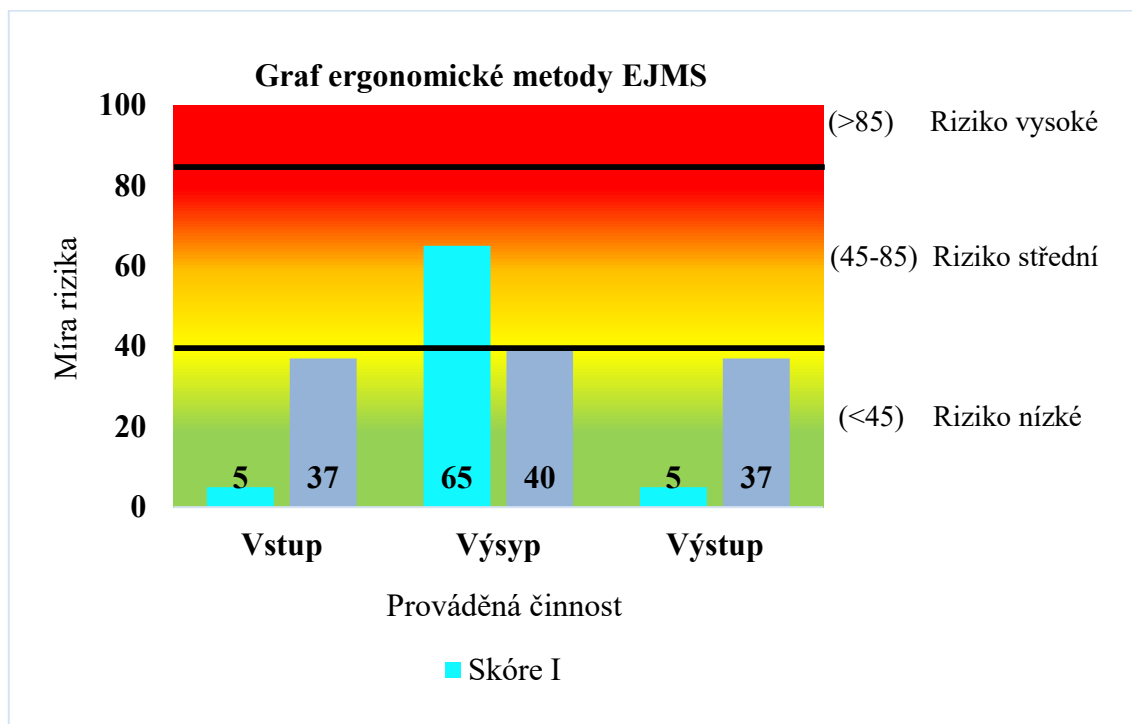
Graf 10 – Riziko dle RULA



Graf 11 – Riziko dle KIM



Graf 12 – Riziko dle EJMS



## 13.2 Diskuze výsledků

Z výsledků grafů vidíme, že jsme dosáhli požadovaných změn stavu na pracovišti (viz. Graf 9 až 12). Rizika pro operátora stroje na jeho muskuloskeletální ústrojí se snížily na minimální hodnoty. Zvýšená rizika, na než poukazují zvýšené hodnoty v grafech v oblasti VSTUP a VÝSTUP, můžeme zanedbat. Jsou způsobena vyhodnocením krajního pohybu operátora při uchopování SCHÄFER přepravek do přípravku, při němž je obsluha stroje nucena zohnout svoje záda do pravého úhlu. Tato frekvence pohybů je však na směnu tak nízká, že nepředstavují hrozbu ani při dlouhodobém používání o obdobné frekvenci.

Jinou situaci však představuje oblast výsypu SCHÄFER přepravek do zásobníku stroje z válečkového dopravníku. Celkové riziko bych vyhodnotil jako střední, a to hlavně pro horní polovinu těla. Nejvíce namáhanými částmi budou paže, předloktí, a hlavně zápěstí díky špatnému úchopu za oka bedýnky. Hrozí zde bolesti při překlápění, oka bedýnky mohou „řezat“ do prstů. Po určitém čase takto vykonávané práce hrozí dále bolesti zad, pokud operátor bude nucen se při výsypu bedýnky natahovat přes hranu válečkového dopravníku s velkou zátěží v rukách.

# ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na ergonomii a manipulaci s materiálem na pracovišti broušení čel ložiskových kroužků. Po prvotním celkovém zmapování pracoviště, zjištění taktu stroje a komunikaci s operátory stroje jsem se zaměřil na zjištěné problémy. Ty sestávaly z ruční manipulace s těžkými SCHÄFER přepravkami. Tato manipulace byla pro operátory dlouhodobě extrémně riziková z důvodu možnosti poškození jejich pohybového aparátu.

V první části jsem provedl vstupní ergonomické měření pro pět zvolených rizikových pohybů, které jsem na pracovišti odpozoroval. To dopadlo podle předpokladu, manipulace s přepravkami byla vyhodnocena jako extrémně škodlivá na pohybový aparát operátora, naproti tomu manipulace s jednotlivými kroužky při měření a přeprava tlačení vozíku rizikové nejsou.

Na základě výsledků vstupního měření jsem eliminoval nebezpečnost manipulace u vstupu a výstupu ze stroje. Navrhl jsem prvotní manipulační zařízení TRAGLAST, jež se uchycovalo na kočku stávajícího jeřábu. Následovně jsem provedl měření s tímto přípravkem. Dle vyhodnocení bylo operátorovi ulehčeno, manipulační časy a pracnost se však zvýšily díky pomalé rychlosti jeřábu a špatnému zajištění přepravky do přípravku.

Navrhl jsem změnu vstupu a výstupu ze stroje, která operátorovi ušetřila značný čas, který ztrácel chůzí kolem stroje a jenž mohl věnovat výrobě. Také zde došlo k úspoře výrobní plochy.

Z důvodu problémů s původním jeřábem se vytvořila poptávka na nový jeřáb, který by měl mít dostačující parametry, které by vyhovovaly požadavkům daného pracoviště. Do výběrového řízení vstoupili tři dodavatelé, kteří nabídli řešení dle jejich možností a současně přiložili cenovou nabídku. Ta se mezi jednotlivými dodavateli lišila téměř o sto tisíc korun českých. Vítězem výběrového řízení se i přes nejvyšší cenu stala společnost SCAGLIA INDEVA s.p.a. z důvodu dodávaného vyvažovacího zařízení, které je integrováno na sloupu jeřábu. Je možné na jeho hák upevnit jakýkoliv přípravek do celkové hmotnosti i s břemenem 80 kg. Tato váha je zařízením nulována a operátor manipuluje s hrubou vahou 1 až 2 kg.

Po dodání jeřábu s balancerem, přípravkem na uchycení SCHÄFER přepravek a jeho oživení na pracovišti jsem provedl poslední ergonomické měření. To poukázalo na celkové vylepšení situace na pracovišti. Manipulace s přepravkami již není pro operátory

zařízení zdraví škodlivá, co se týče vstupu a výstupu ze stroje. Pokud se jedná o výsyp přepravek do zásobníku stroje, při dlouhodobém vystavení negativních vlivů při této manipulaci mohou vznikat muskuloskeletální problémy v oblasti horní poloviny těla.

Z ekonomické stránky se zařízení vyplatí už jen pro svoji univerzálnost použití, kdy i v případě inovací pracovišť na automatizované linky se tento jeřáb dá přesunout kdekoliv do problémových potřebných míst v podniku.

Návratnost investice je při daných úsporách 5 let.



## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 – LOŽISKA <sup>[1]</sup> .....	11
OBRÁZEK 2 – ERGONOMICKÝ SYSTÉM <sup>[3]</sup> .....	16
OBRÁZEK 3 – GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ MNOHO OBOROVÉ ERGONOMIE <sup>[3]</sup> .....	17
OBRÁZEK 4 – ZNÁZORNĚNÝ ERGONOMICKÝ POSTUP <sup>[4]</sup> .....	18
OBRÁZEK 5 – VÝVIN MO <sup>[4]</sup> .....	19
OBRÁZEK 6 – VZOROVÁ ČÁST OWAS LISTU .....	24
OBRÁZEK 7 – VZOROVÁ ČÁST RULA LISTU .....	27
OBRÁZEK 8 – VZOROVÁ ČÁST KIM LISTU .....	30
OBRÁZEK 9 – VZOROVÁ ČÁST EJMS LISTU .....	33
OBRÁZEK 10 – VANA .....	37
OBRÁZEK 11 – SCHÄFER PŘEPRAVKA .....	37
OBRÁZEK 12 – PRACOVÍŠTĚ STROJE A0 .....	38
OBRÁZEK 13 – VIZUALIZACE PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ .....	38
OBRÁZEK 14 – SKLÁDÁNÍ PŘEPRAVEK NA VOZÍK .....	41
OBRÁZEK 15 – OHYB PRO KROUŽKY .....	41
OBRÁZEK 16 – TLAČENÍ VOZÍKU .....	41
OBRÁZEK 17 – BALANCER .....	46
OBRÁZEK 18 – ZMĚNA VSTUPU/VÝSTUPU .....	51
OBRÁZEK 19 – ÚSPORA PLOCHY .....	52
OBRÁZEK 20 – DÉLKA CHŮZE PŘED ZMĚNOU .....	53
OBRÁZEK 21 – DÉLKA CHŮZE PO ZMĚNĚ .....	53
OBRÁZEK 22 – MOBICRANE .....	55
OBRÁZEK 23 – BIBUS .....	55
OBRÁZEK 24 – INDEVA .....	56
OBRÁZEK 25 – KLEŠTINY V OTEVŘENÉ POLOZE .....	57
OBRÁZEK 26 – KLEŠTINY V SEVŘENÉ POLOZE .....	57
OBRÁZEK 27 – SAMOSVORNÉ KLEŠTĚ .....	57
OBRÁZEK 28 – UCHOPOVACÍ PŘÍPRAVEK TIGER TRAGLAST .....	58

## Seznam tabulek

TABULKA 1 – VHODNOSTI POUŽITÍ METOD .....	36
TABULKA 2 – ČASY RUČNÍ MANIPULACE .....	42
TABULKA 3 – ZKRATKY .....	42
TABULKA 4 – ČASY MANIPULACE .....	47
TABULKA 5 – ÚSPORY.....	52
TABULKA 6 – POŽADAVKY ZAŘÍZENÍ.....	54
TABULKA 7 – BODOVACÍ TABULKA .....	56
TABULKA 8 – NÁVRATNOST INVESTICE V LETECH .....	58
TABULKA 9 – ZKRATKY MĚŘENÍ S MANIPULÁTOREM.....	59

## Seznam grafů

GRAF 1 – RIZIKO DLE OWAS.....	43
GRAF 2 – RIZIKO DLE RULA.....	43
GRAF 3 – RIZIKO DLE KIM.....	44
GRAF 4 – RIZIKO DLE EJMS.....	44
GRAF 5 – RIZIKO DLE OWAS.....	48
GRAF 6 – RIZIKO DLE RULA.....	48
GRAF 7 – RIZIKO DLE KIM.....	49
GRAF 8 – RIZIKO DLE EJMS.....	49
GRAF 9 – RIZIKO DLE OWAS.....	60
GRAF 10 – RIZIKO DLE RULA.....	60
GRAF 11 – RIZIKO DLE KIM.....	61
GRAF 12 – RIZIKO DLE EJMS.....	61

## Seznam použité literatury

- [1] *O společnosti* [online]. Koyo Bearings Czech Republic s.r.o. (Copyright © 2015). [cit. 2016–08–02]. Dostupné z:  
<http://www.koyobearings.cz/o-spolecnosti/>
- [2] *Ergonomie* [online]. ErgoTEST. (Copyright © 2012 Fellowes S.A.). [cit. 2016–08–12]. Dostupné z:  
<http://www.ergotest.cz/ergonomics/>
- [3] *Ergonomie* [online]. AEE ŠEDIVÝ. (Copyright © AEE Šedivý 2010). [cit. 2016–08–12]. Dostupné z:  
<http://www.aee-sedivy.cz/ergonomie/>
- [4] HLÁVKOVÁ, Jana. *Problematika aplikace ergonomie v českých průmyslových podnicích*. [online]. [cit. 2016–08–12]. Dostupné z:  
[http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/Images/Mudr\\_Jana\\_Hlavkova\\_tcm841-117289.pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/Images/Mudr_Jana_Hlavkova_tcm841-117289.pdf)
- [5] MAS, Diego, ANTONIO, Jose. *Evaluación Postural Mediante El Método OWAS* [online]. Ergonautas, Polytechnic University of Valencia, 2015. [cit. 2016–08–12]. Dostupné z:  
<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- [6] Bc. Bohatová, Kateřina. *Tvorba aplikace pro hodnocení pracovišť pomocí ergonomických analýz*. Plzeň: Západočeská univerzita v plzni 2012. Diplomová práce. Fakulta strojní. Katedra KPV. Dostupné z:  
<https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/2291/Diplomova%20prace-Bohatova.pdf?sequence=1>
- [7] MAS, Diego, ANTONIO, Jose. *Evaluación Postural Mediante El Método RULA* [online]. Ergonautas, Polytechnic University of Valencia, 2015. [cit. 2016–08–12]. Dostupné z:  
<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- [8] RIDYARD, David, TAPP, Linda a WYLIE, Lawrence. *Ergonomic job measurement system*. Professional Safety [online]. 2001, 1. vydání, s. 29-32. ISSN 00990027.

## **Seznam příloh na CD**

PŘÍLOHA A – Fotografie, video\_původní stav

PŘÍLOHA B – Vstupní měření

PŘÍLOHA C – Fotografie, video\_balancer

PŘÍLOHA D – Měření s balancerem

PŘÍLOHA E – Cenový rozpis nabídek

PŘÍLOHA F – Video\_manipulační kleště

PŘÍLOHA G – Měření s manipulátorem INDEVA

PŘÍLOHA H – Video manipulace INDEVA